

**Verhalten dreier thermophysiologischer Meßgrößen
der distalen unteren Extremität am Menschen
bei Variation der Luftfeuchtigkeit
während eines langfristigen Klimakammeraufenthaltes**

Grigorios Antoniadis

1979

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Medizinische Balneologie
und Klimatologie der Universität München
Vorstand: Prof. Dr.med. H. Drexel

**VERHALTEN DREIER THERMOPHYSIOLOGISCHER
MESSGRÖSSEN DER DISTALEN UNTEREN EXTREMITÄT
AM MENSCHEN BEI VARIATION DER LUFTFEUCHTIGKEIT
WÄHREND EINES LANGFRISTIGEN
KLIMAKAMMERAUFENTHALTES**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Grigorios Antoniadis
aus
Veria/Griechenland

1979

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatte:

Dipl. Phys. K. Dirnagl

Mitberichterstatte:

Prof. Dr. med. Drexel

Dekan:

Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung:

15. Nov. 1979



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG UND ALLGEMEINE PROBLEMSTELLUNG	1
II. LITERATURÜBERSICHT	2
III. MATERIAL UND METHODIK	3
1. Untersuchungsgebiet	3
2. Untersuchungsgegenstand	3
3. Versuchsmethoden	4
4. Datenauswertung - Auswertungsschema	5
4.1. Auswertung der ...	5
4.1.1. Auswertung der ...	5
4.1.2. Auswertung der ...	10
4.1.3. Auswertung der ...	17
4.2. Auswertung der ...	18
4.2.1. Auswertung der ...	20
4.2.2. Auswertung der ...	20
IV. ERGEBNISSE	21
1. Ergebnisse der ...	21
1.1. Ergebnisse der ...	21
1.2. Ergebnisse der ...	22
1.3. Ergebnisse der ...	23
2. Ergebnisse der ...	24
2.1. Ergebnisse der ...	24
2.2. Ergebnisse der ...	25
2.3. Ergebnisse der ...	26
2.4. Ergebnisse der ...	27
2.5. Ergebnisse der ...	28
2.6. Ergebnisse der ...	29
2.7. Ergebnisse der ...	30
2.8. Ergebnisse der ...	31
2.9. Ergebnisse der ...	32
2.10. Ergebnisse der ...	33
2.11. Ergebnisse der ...	34
2.12. Ergebnisse der ...	35
2.13. Ergebnisse der ...	36
2.14. Ergebnisse der ...	37
2.15. Ergebnisse der ...	38
2.16. Ergebnisse der ...	39
2.17. Ergebnisse der ...	40
2.18. Ergebnisse der ...	41
2.19. Ergebnisse der ...	42
2.20. Ergebnisse der ...	43
2.21. Ergebnisse der ...	44
2.22. Ergebnisse der ...	45
2.23. Ergebnisse der ...	46
2.24. Ergebnisse der ...	47
2.25. Ergebnisse der ...	48
2.26. Ergebnisse der ...	49
2.27. Ergebnisse der ...	50
2.28. Ergebnisse der ...	51
2.29. Ergebnisse der ...	52
2.30. Ergebnisse der ...	53
2.31. Ergebnisse der ...	54
2.32. Ergebnisse der ...	55
2.33. Ergebnisse der ...	56
2.34. Ergebnisse der ...	57
2.35. Ergebnisse der ...	58
2.36. Ergebnisse der ...	59
2.37. Ergebnisse der ...	60
2.38. Ergebnisse der ...	61
2.39. Ergebnisse der ...	62
2.40. Ergebnisse der ...	63
2.41. Ergebnisse der ...	64
2.42. Ergebnisse der ...	65
2.43. Ergebnisse der ...	66
2.44. Ergebnisse der ...	67
2.45. Ergebnisse der ...	68
2.46. Ergebnisse der ...	69
2.47. Ergebnisse der ...	70
2.48. Ergebnisse der ...	71
2.49. Ergebnisse der ...	72
2.50. Ergebnisse der ...	73
2.51. Ergebnisse der ...	74
2.52. Ergebnisse der ...	75
2.53. Ergebnisse der ...	76
2.54. Ergebnisse der ...	77
2.55. Ergebnisse der ...	78
2.56. Ergebnisse der ...	79
2.57. Ergebnisse der ...	80
2.58. Ergebnisse der ...	81
2.59. Ergebnisse der ...	82
2.60. Ergebnisse der ...	83
2.61. Ergebnisse der ...	84
2.62. Ergebnisse der ...	85
2.63. Ergebnisse der ...	86
2.64. Ergebnisse der ...	87
2.65. Ergebnisse der ...	88
2.66. Ergebnisse der ...	89
2.67. Ergebnisse der ...	90
2.68. Ergebnisse der ...	91
2.69. Ergebnisse der ...	92
2.70. Ergebnisse der ...	93
2.71. Ergebnisse der ...	94
2.72. Ergebnisse der ...	95
2.73. Ergebnisse der ...	96
2.74. Ergebnisse der ...	97
2.75. Ergebnisse der ...	98
2.76. Ergebnisse der ...	99
2.77. Ergebnisse der ...	100
2.78. Ergebnisse der ...	101
2.79. Ergebnisse der ...	102
2.80. Ergebnisse der ...	103
2.81. Ergebnisse der ...	104
2.82. Ergebnisse der ...	105
2.83. Ergebnisse der ...	106
2.84. Ergebnisse der ...	107
2.85. Ergebnisse der ...	108
2.86. Ergebnisse der ...	109
2.87. Ergebnisse der ...	110
2.88. Ergebnisse der ...	111
2.89. Ergebnisse der ...	112
2.90. Ergebnisse der ...	113
2.91. Ergebnisse der ...	114
2.92. Ergebnisse der ...	115
2.93. Ergebnisse der ...	116
2.94. Ergebnisse der ...	117
2.95. Ergebnisse der ...	118
2.96. Ergebnisse der ...	119
2.97. Ergebnisse der ...	120
2.98. Ergebnisse der ...	121
2.99. Ergebnisse der ...	122
2.100. Ergebnisse der ...	123
V. DISCUSSION	124
1. Diskussion über die ...	124

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG UND ALLGEMEINE PROBLEMSTELLUNG	1
II. LITERATURHINWEISE	2
III. MATERIAL UND METHODIK	3
1. Bioklimaraum	3
2. Klimatische Bedingungen	3
3. Versuchsablauf	4
4. Datenaufbereitung – Auswertungsgang	8
4.1. Auswertung der absoluten Temperaturwerte	8
4.1.1. Auswertung der Maxima und Minima	8
Kurvenverläufe der Maxima und Minima	10
4.1.2. Auswertung der Tagestemperaturwerte	17
Kurvenverläufe der Tagestemperaturwerte	19
4.2. Auswertung der Residuen	18
4.2.1. Auswertung der Residuen nach ihrer Lage auf die Regressionsgerade	26
4.2.2. Auswertung der Tagesresiduen	28
IV. ERGEBNISSE	
1. Ergebnisse der absoluten Temperaturwerte	29
1.1. Ergebnisse der Maxima und Minima	29
Diagramme der Maxima und Minima	33
1.2. Ergebnisse der Tagestemperaturwerte	40
Histogramme	45
2. Ergebnisse der Regressionsbeziehungen zwischen den Temperaturen vor und nach der Abkühlung	49
2.1. Ergebnisse der Residuen nach ihrer Lage auf die Regressionsgerade	50
Tabellen	54
2.2. Ergebnisse der Tagesresidenwerte	55
Histogramme	59
V. DISKUSSION	63
1. Diskussion über die absoluten Temperaturwerte vor und nach dem Bad	71

1.1.	Diskussion über die Beziehungen des Tagesrhythmus zu den Klimaänderungen	72
1.2.	Diskussion über das Verhalten der Tagestemperaturwerte an Hand der Histogramme	73
1.2.1.	Diskussion über die Beziehungen der Tagestemperaturwerte zu den Versuchspersonen und Meßgrößen	74
1.2.2.	Diskussion über die Beziehungen der Tagestemperaturwerte zu der Klimaperiodik	75
2.	Diskussion über die Abweichungen der Temperaturwerte vom Regressionswert in der Wiedererwärmungsphase	76
2.1.	Diskussion über die Abweichungen der Wiedererwärmungswerte an Hand der Tabellen auf Seite 54	78
2.2.	Diskussion über die Abweichungen der Wiedererwärmungswerte an Hand der Histogramme auf Seite 60–62	81
VI.	ZUSAMMENFASSUNG	84
VII.	LITERATURHINWEISE	86

I. Einleitung und allgemeine Problemstellung

Das Wetter hat einen großen Einfluß auf alle lebenden Wesen dieser Erde. Die Klimaveränderungen, die täglich auf unseren Körper einwirken, bewirken große Umstellungen sowohl im Stoffwechsel als auch in der Blutzirkulation der oberflächlich und tiefer liegenden Gefäße. Die jeweiligen Angriffspunkte können einerseits peripher, durch Veränderung des Gefäßwiderstandes, andererseits auch zentral, durch das Wärme- und Kältezentrum im Gehirn, bedingt sein.

Dabei wurde von verschiedenen Arbeitsgruppen besonders die qualitative Erfassung der Zusammenhänge „Wetter — menschlicher Organismus“ in Betracht gezogen (Ungeheuer in Bad Tölz, Amelung in Königstein u.a., 2).

Die Temperaturregelung aller Lebewesen ist eine der erstaunlichsten physiologischen Leistungen des Organismus. Über zentralnervöse Strukturen versucht der Organismus, die Temperaturabweichungen durch entsprechende Gegenmaßnahmen aufzuheben. Dazu gehört auch die Steuerung der Wärmebildung. Während bei den Poikilothermen der Stoffwechsel mit der Außentemperatur steigt und sinkt, verhält er sich bei den Homoiothermen gegensinnig zur Außentemperatur (Hensel, 27). Die Homoiothermen sind in der Lage, durch Steuerung des Wärmewiderstandes und der Wasserverdunstung und durch die Wärmeproduktion die Körperkern- und Hauttemperatur zu regeln. Es ist eminent wichtig, daß mit abnehmender Körpergröße der Quotient Oberfläche/Volumen und damit die relative wärmeabgebende Fläche ansteigt. Die Hauttemperaturen des Menschen variieren am meisten. Unter kühlen Bedingungen weisen die Temperaturen der Extremitäten immer die niedrigsten Hauttemperaturen, die des Rumpfes und der Stirn hingegen die höchsten auf.

Eine besonders wichtige Erscheinung aller Lebewesen ist eine rhythmische Gliederung ihrer Funktionen. Das könnte man auf die Korrespondenz des Verhaltens der Organismen mit der zeitlichen Ordnung der Umwelt zurückführen. Hildebrandt (30, 31, 32) hat sich intensiv mit den biologischen Rhythmen des Menschen beschäftigt. Nach ihm gibt es einen Tages-, Tag-Nacht-, jahreszeitlichen, Jahres- und einen meteorologischen Rhythmus, um nur einige zu erwähnen. Welche Bedeutung die

biologische Rhythmik in der Balneologie hat, konnte häufig genug durch Kurlängsschnittuntersuchungen bewiesen werden, wobei eine umfassende Umgestaltung und Umerziehung der Lebensweise zugrunde lag.

Anhand von Langzeituntersuchungen ist es möglich, den Einfluß von verschiedenen meteorologischen Einzelementen auf den Menschen zu prüfen. Solche Untersuchungen lassen sich auch unter bestimmten Voraussetzungen in einem geschlossenen Raum (Klimakammer) mit künstlichem Klima durchführen.

Im Jahre 1969 ist im Institut für medizinische Balneologie und Klimatologie der Universität München der erste Klimakammerversuch gestartet worden. Mit dem 2. Klimakammerversuch, der im Jahre 1972 stattfand, wird sich die vorliegende Dissertation beschäftigen. Dabei sollte Paeschke, der diesen Versuch im Rahmen der Arbeiten von Dipl.-Phys. Karl Dirnagl und Prof. Dr. Heinrich Drexel durchführte, die Einflußnahme alltäglich vorkommender Änderungen von Temperatur und Feuchte auf den Menschen prüfen.

Meine Aufgabe liegt darin, durch einen anderen Auswertungsmodus die Abhängigkeit der äußeren Einflüsse, wie hohe und niedrige relative Feuchte, auf die Großzehe des rechten Fußes, den Fußrücken und die konsensuelle Großzehe zu analysieren. Es wird ebenfalls das Verhalten der Wiedererwärmungsgeschwindigkeit bei den drei Meßgrößen in Abhängigkeit von der Klimaperiodik untersucht.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in zwei Teile: Im 1. werden die Ausgangs- und Wiedererwärmungswerte der Hauttemperaturen und im 2. die Residuen, d.h. die Abweichungen vom Erwartungspunkt des Temperaturverlaufes, berücksichtigt.

II. Literaturhinweise

Aus dem Institut für medizinische Balneologie und Klimatologie der Universität München sind im Jahre 1971 und 1972 zwei Dissertationen von Hohlbach (35) und Kölsch (37) erschienen, die sich mit den Ergebnissen des 1. Klimakammerversuches an diesem Institut beschäftigt haben. Im Jahre 1973 erschien eine neue Dissertation mit den Ergebnissen des 2. Klimakammerversuches von Paeschke (39).

Auf Grund der ausführlichen Literaturübersicht der obengenannten Arbeiten von Hahnbach und Kölsch kann man an dieser Stelle auf weitere Literaturhinweise verzichten. Im Diskussionsteil wird zudem auf alte und neue Ergebnisse eingegangen und die entsprechenden Literaturquellen sind im Literaturverzeichnis aufgeführt.

III. Material und Methodik

1. Bioklimaraum

Der Klimaraum, in dem der Versuch von Paeschke stattfand, befindet sich im Gebäude des Balneologischen Institutes der Universität München. Er hat eine Grundfläche von 3,30 x 4,50 m mit separaten sanitären Einrichtungen und ist als Faradayscher Käfig gebaut, so daß elektromagnetische Strahlungen mit einem Wellenbereich von ca. 30 — 1.000 m abgeschirmt wurden. Die Tagesbeleuchtung wurde durch indirekte Xenondampflampen ersetzt. Der Versuch erstreckte sich auf 30 Tage; während dieser Zeit bestanden weder visuelle noch klimatische Kontakte zur Außenwelt.

2. Klimatische Bedingungen

Von den 30 Tagen des Klimakammerversuches waren die ersten 5 und die letzten 3 Tage zur Eingewöhnung bestimmt. In diesen acht Tagen konnten die Versuchspersonen sich frei bewegen. Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit war als einzige von den Klimabedingungen zu prüfen. Sie wurde im Bereich zwischen 6 — 16 Torr (30,5 % — 83,5 % relative Feuchtigkeit bei 22° C Lufttemperatur) verändert. Es ergeben sich Phasen mit relativ niedriger Luftfeuchtigkeit, „Trockenphasen“, Phasen mit relativ hoher Luftfeuchtigkeit, „Feuchtephasen“, und Phasen mit stark wechselnder Feuchte. Der klimatische Einfluß auf den Versuchsablauf sieht folgendermaßen aus:

- 1. — 5. Tag: Eingewöhnungstage (kein Klimareiz)
- 6. — 8. Tag: „Phase mittlerer Feuchte“ ca. 9,4 Torr entsprechend 48 % relativer Feuchte bezogen auf 22°C

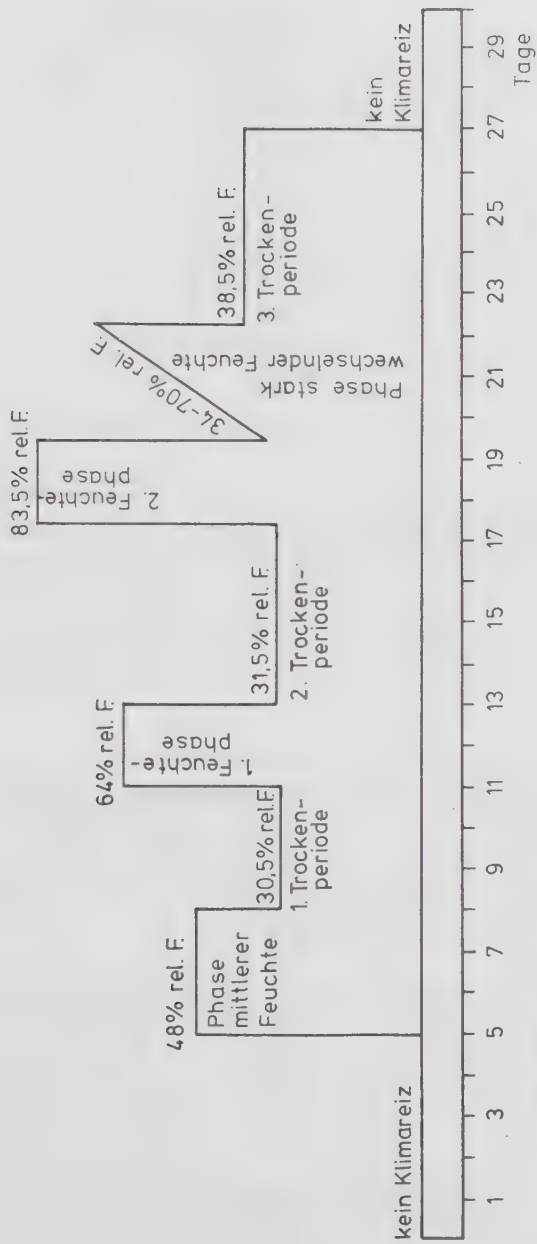
9. – 11. Tag: „1. Trockenperiode“ ca. 6,0 Torr
(30,5 % relative Feuchte)
12. – 13. Tag: „1. Feuchtephase“ ca. 12,6 Torr
(64 % relative Feuchte)
14. – 18. Tag: „2. Trockenperiode“ ca. 6,2 Torr
(31,5 % relative Feuchte)
18. – 20. Tag: „2. Feuchtephase“ ca. 16 Torr
(12h – 9h) (83,5 % relative Feuchte)
20. – 23. Tag: „Phase stark wechselnder Feuchte“
(12h – 9h) zwischen 6,7 und 14 Torr (34,0 – 70,0 %
relative Feuchte)
23. – 27. Tag: „3. Trockenperiode“ ca. 7,6 Torr
(38,5 % relative Feuchte)
28. – 30. Tag: Eingewöhnungstage (kein Klimareiz)

Zur Auswertung dieses Versuches jedoch werden die Klimaperioden gemäß dem Schema (Seite 4) in vier Bereichen eingeteilt.

1. – 8. und 28. – 30. Tag: Tage ohne Klimareiz
9. – 11. und 14. – 18. (2. Turn) und
23. (1. Turn) – 27. Tag: Trockenperiode
14. – 17. und 18. (2. Turn) – 20. (2. Turn) Tag:
Feuchtephase
20. (2. Turn) – 23. (1. Turn) Tag: Phase stark
wechselnder Feuchte

3. Versuchsablauf

Der Versuchsplan wurde nach langer Vorbereitungszeit so entworfen, daß jeder der drei Versuchspersonen zwanzig verschiedene Aufgaben und Messungen zu absolvieren hatte. Für jede Versuchsperson ergab sich somit eine zeitliche Verschiebung des Tests um ca. 10 min. Jeder Tag wurde in fünf Meßdurchgänge (Turns) unterteilt. Nach jedem Turn war eine Mahlzeit mit anschließender Ruhepause eingeplant, um vergleichbare Bedingungen zu schaffen. Der Tagesplan verlief wie folgt:



Klimatischer Einfluß während des Versuchsverlaufes

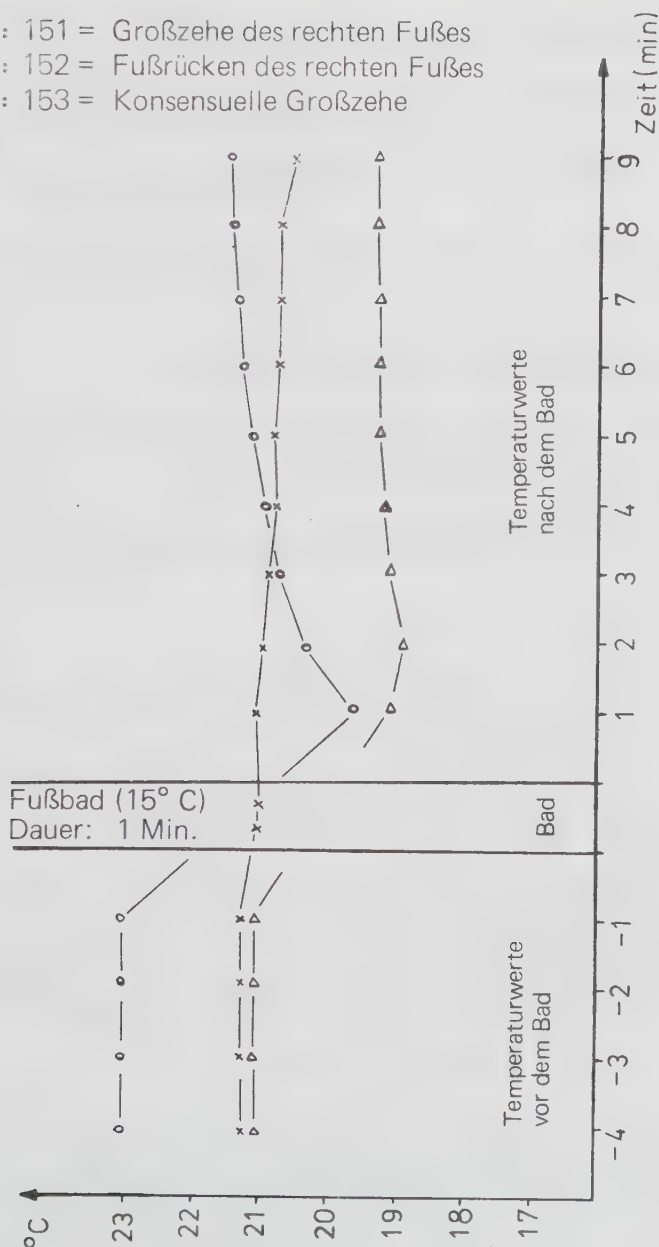
6.30 Uhr	:	Wecken, Frühstück
7.30 — 9.00 Uhr	:	1. Turn
9.00 — 10.00 Uhr	:	Brotzeit
10.00 — 11.30 Uhr	:	2. Turn
11.30 — 13.00 Uhr	:	Mittagspause
13.00 — 14.30 Uhr	:	3. Turn
14.30 — 15.30 Uhr	:	Kaffeepause
15.30 — 17.00 Uhr	:	4. Turn
17.00 — 18.30 Uhr	:	Abendessen
18.30 — 20.00 Uhr	:	5. Turn
20.00 — 22.30 Uhr	:	Freie Beschäftigung, Bettruhe

Herr Paeschke hat in diesem 2. Klimakammerversuch an verschiedenen Stellen (Fuß, sublingual, Stirn, Wangen, Hand, rektal) die Körpertemperatur gemessen. In der vorliegenden Arbeit werden nur drei Meßgrößen berücksichtigt: an den Ballen der rechten und linken Großzehe und am lateralen rechten Fußrücken. Die Temperaturfühler wurden dreimal während des Klimakammerversuchs geeicht und verhielten sich zwischen 14° — 30° C linear.

Bei jedem Turn wurden zuerst die Temperaturen an den drei obengenannten Stellen gemessen. Der rechte Fuß wurde anschließend in ein kaltes Wasserbad getaucht. Nach dem Austauschen und Austrocknen des Fußes wurde die Temperaturmessung an den gleichen drei Stellen für ca. 3 Minuten wiederholt. Zur besseren Verständigung ist ein solcher Temperaturverlauf auf Seite 7 aufgezeichnet.

Die über den Zwölfachpunkteschreiber registrierten Temperaturverläufe wurden unter Zugrundelegung der entsprechenden Eichkurven in absolute Werte umgerechnet und auf Listen und Lochkarten dokumentiert. Der erste Wert ist die Anfangstemperatur, also die Temperatur vor dem Eintauchen in das Wasserbad — „VOR“ —. Von den Werten nach dem Austauschen des Fußes — „NACH“ — werden die Temperaturen in der 7. Minute zur Versuchsauswertung genommen, da zu dieser Minute bei den meisten Kurvenverläufen der Umschlag in die Gerade erfolgt (s. Seite 7). Sie sind in Verbindung mit den Anfangstemperaturen als Maß für die Wiedererwärmungsgeschwindigkeit zu interpretieren.

- ▷ ▷ ▷ : 151 = Großzehe des rechten Fußes
 ○ ○ ○ : 152 = Fußrücken des rechten Fußes
 x x x : 153 = Konsensuelle Großzehe



Ein vom Zwölfachpunkteschreiber aufgezeichneter Temperaturverlauf

Die Meßgrößen sind folgendermaßen bezeichnet:

1. Meßgröße 151: Temperaturwerte „VOR“ und „NACH“ an der Großzehe des rechten Fußes
2. Meßgröße 152: Temperaturwerte „VOR“ und „NACH“ am Fußrücken des rechten Fußes
3. Meßgröße 153: Temperaturwerte „VOR“ und „NACH“ an der konsensuellen Großzehe

4. Datenaufbereitung – Auswertungsvorgang

Wie im 1. Kapitel bereits erwähnt, erfolgte die Auswertung in zwei Teilen:

1. Zur Auswertung der absoluten Werte
2. Zur Auswertung der Residuen, d.h. der Abweichungen vom Erwartungspunkt des Temperaturverlaufs

4.1. Hierbei muß man unterscheiden:

4.1.1. Die Beziehungen des Tagesrhythmus zu den Klimaänderungen, gekennzeichnet durch die zeitliche Lage der maximalen und minimalen Hauttemperaturwerte.

4.1.2. Die Beziehung der Tagestemperaturwerte, d.h. des Mittelwertes aller fünf Turns pro Tag, zu den Klimaänderungen.

4.1.1. Anhand der dokumentierten Lochkarten wurden vom Computer Tagesverläufe für alle Versuchspersonen, ihre Mittelwerte und die drei Meßgrößen angefertigt. Aus diesen Verläufen ließ sich die Lage der Tagesmaxima und Tagesminima innerhalb der Turns 1 – 5 für jede einzelne Person in Tabellen aufstellen. Die folgende Tabelle wird als Beispiel angeführt.

Versuchspersonen

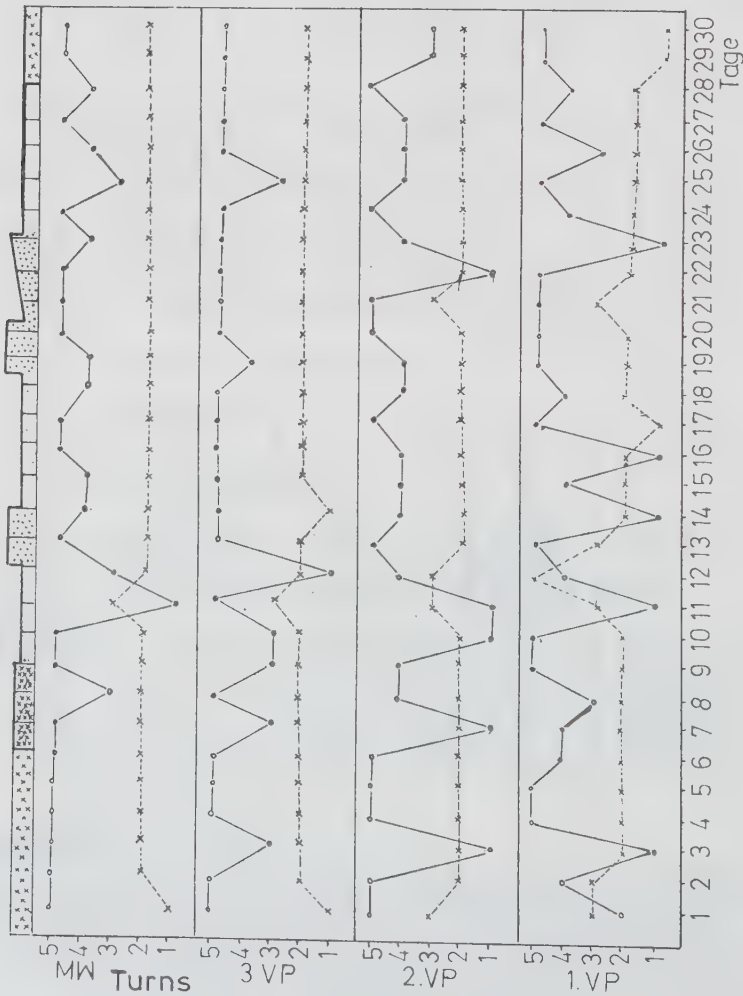
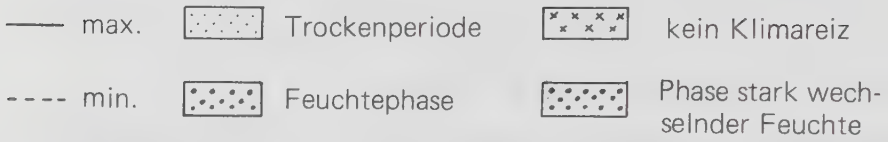
Tage	1. VP		2. VP		3. VP		Mittelwert	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
1	2. Turn	3. Turn	5. Turn	3. Turn	5. Turn	1. Turn	5. Turn	1. Turn
2	4. Turn	3. Turn	5. Turn	2. Turn	5. Turn	2. Turn	5. Turn	2. Turn
3	1. Turn	2. Turn	1. Turn	2. Turn	3. Turn	2. Turn	5. Turn	2. Turn
29	5. Turn	1. Turn	3. Turn	3. Turn	5. Turn	2. Turn	5. Turn	2. Turn
30	5. Turn	1. Turn	3. Turn	2. Turn	5. Turn	2. Turn	5. Turn	2. Turn

Mit Hilfe dieser Tabellen sind die entsprechenden Kurven entstanden (s. Seite 10 – 11). Die graphische Darstellung der Turns brachte die Beziehung der Tage und der Klimaperioden zueinander besser zum Ausdruck. Während die Klimaperioden immer auf der linken Seite gezeichnet sind, lassen sich die Maxima an der durchgehenden, die Minima hingegen an der gestrichelten Linie erkennen.

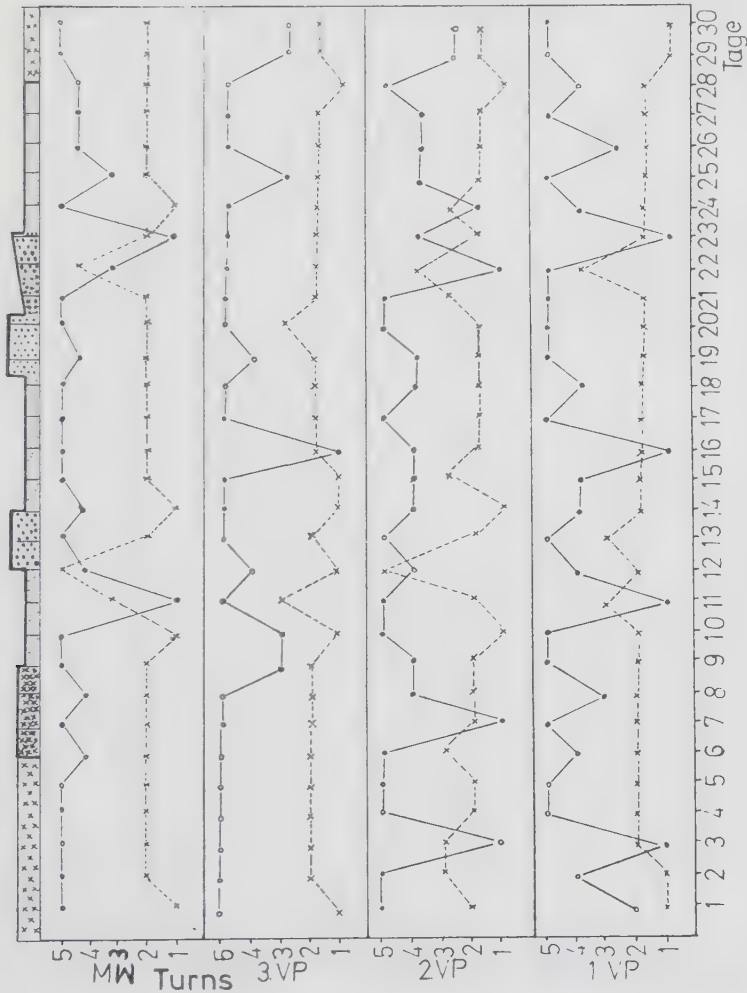
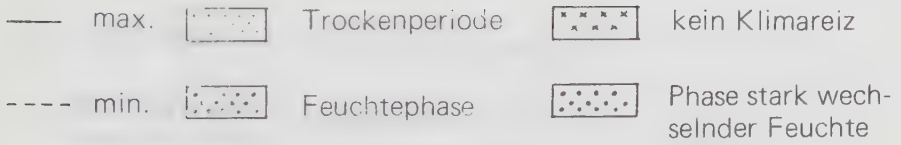
Eine prozentuale Erfassung der Maxima und Minima in den jeweiligen Klimaperioden ist auf Tabellen zusammengestellt, als Beispiel sei jene auf Seite 16 angeführt. Die vier Spalten sind die vier Klimaperioden, jeweils in Maxima und Minima unterteilt. Anhand des folgenden Auszugs aus den Auswertungstabellen (rechte Großzehe, Temperaturmaxima vor dem Eintauchen in das Wasserbad, 1. Tag) können die Diagramme verständlicher werden. Auf der Tabelle sind die Maxima mit einer rechteckigen Umrahmung, während die Minima mit einem Kreis hervorgehoben sind. Die horizontalen Vergleiche sind mit einer durchgehenden Linie, die vertikalen dagegen (aus den drei Versuchspersonen) mit einer unterbrochenen Linie gekennzeichnet.

Turns	1	2	3	4	5
VP ₁	20,3	23,7	19,4	22,8	20,2
VP ₂	19,7	18,7	19,0	19,9	20,2
VP ₃	19,8	21,3	23,3	21,8	27,2
MW	19,9	21,2	20,6	21,5	22,5

Daraus entstehen die Maxima und Minima der Mittelwerte (unterste Reihe). Aus den drei Versuchspersonen und fünf Turns findet man auch ihre Maxima und Minima. Auf der obengenannten Tabelle sind sie mit einer punktierten Linie markiert. Es werden die Maxima und Minima aller Tage addiert und in Prozente umgerechnet. Diese prozentuelle Häufigkeit wird durch die Diagramme auf Seite 34 – 39 deutlich. Im oberen Teil jeder Seite läßt sich auf der Ordinate die relative Häufigkeit der

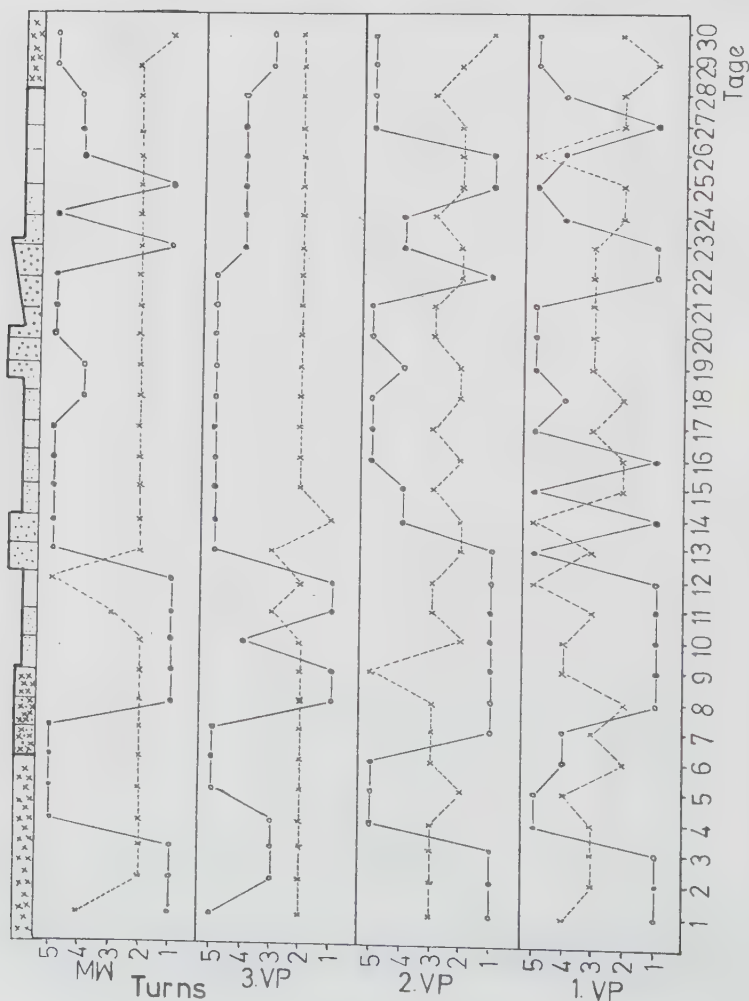


Tageszeitliche Lage der Temperaturmaxima und -minima

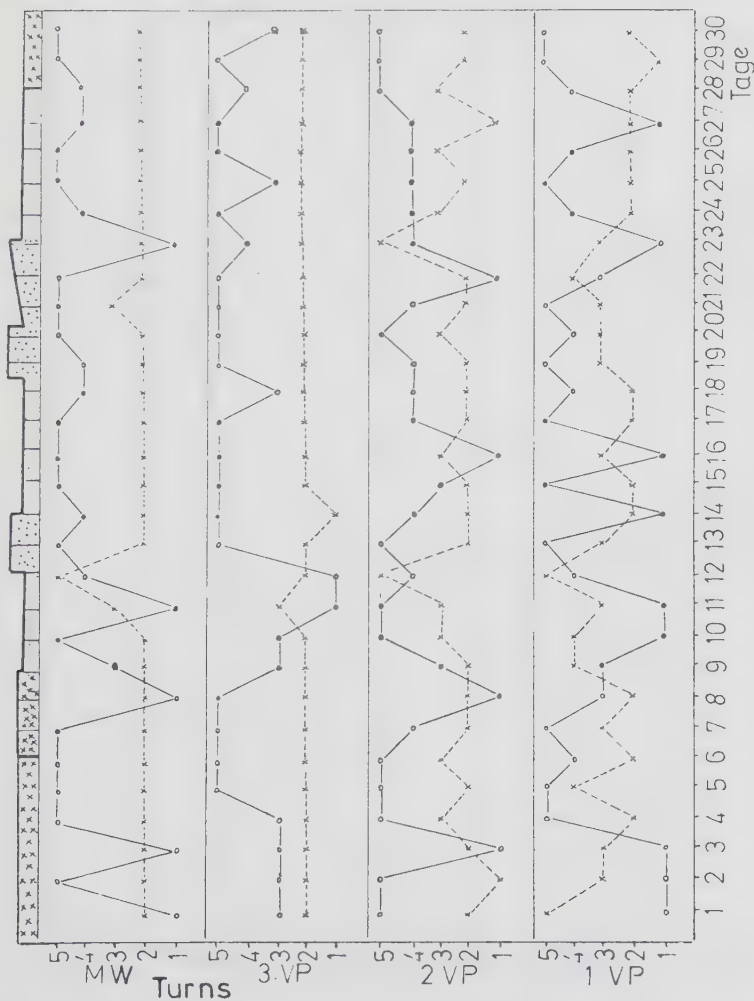
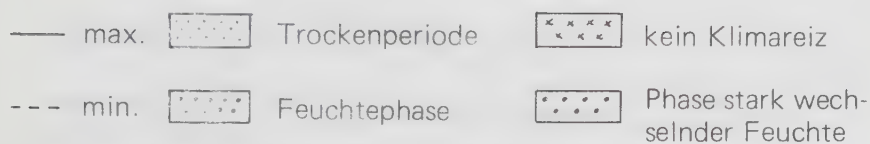


Tageszeitliche Lage der Temperaturmaxima und -minima

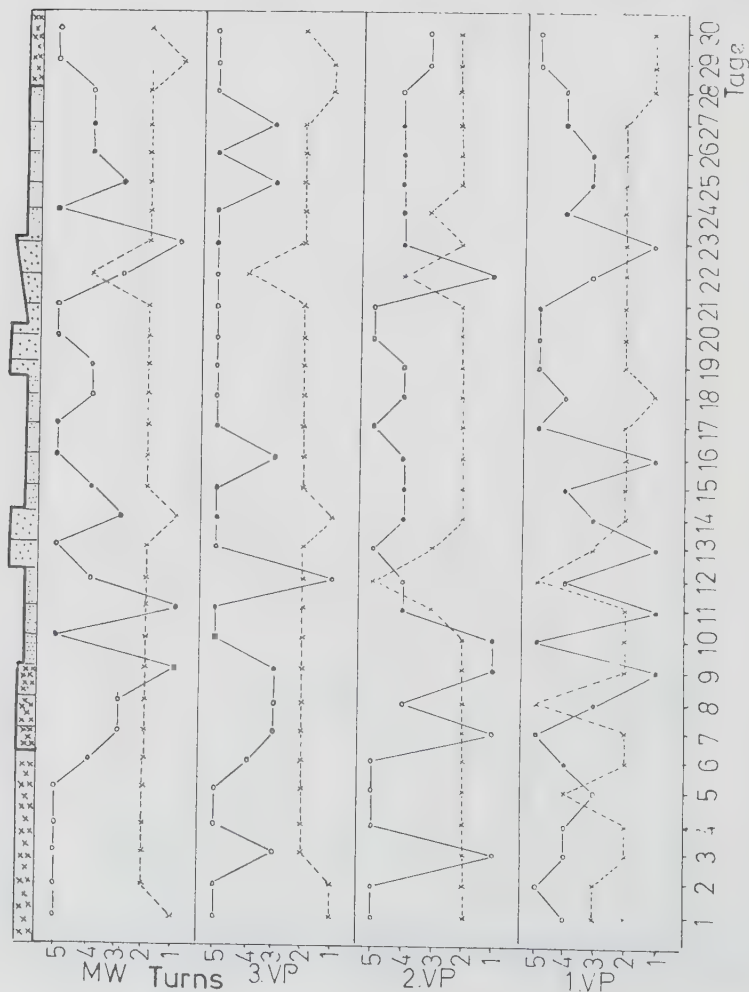
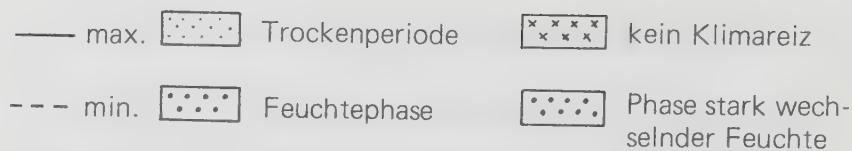
— max.  Trockenperiode  kein Klimareiz
 ---- min.  Feuchtephase  Phase stark wechselnder Feuchte



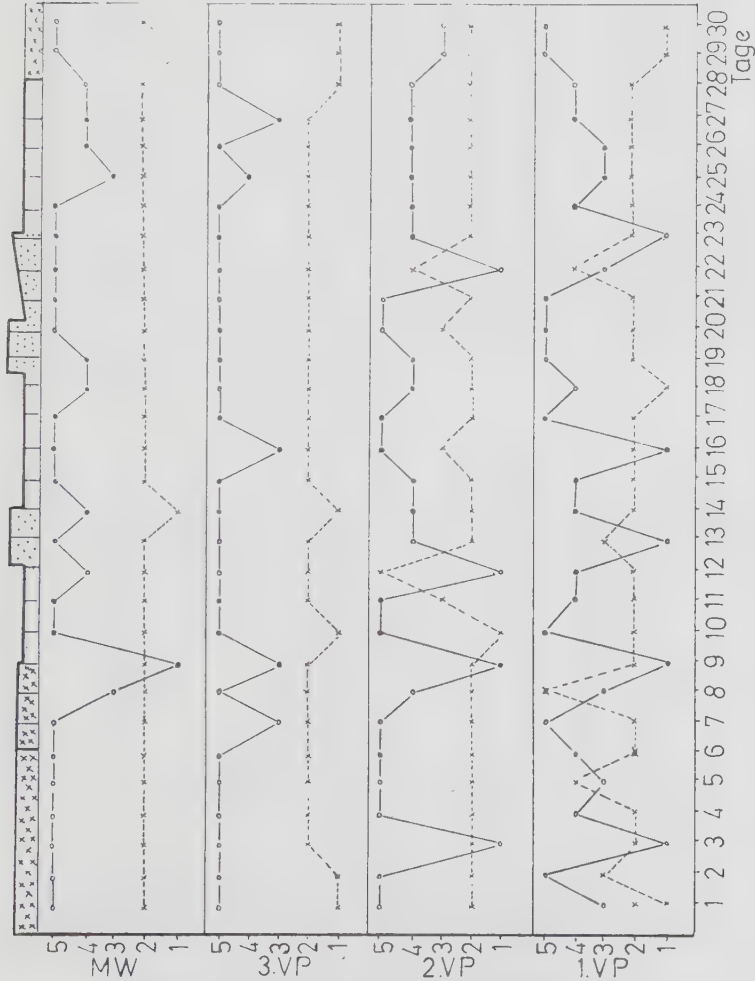
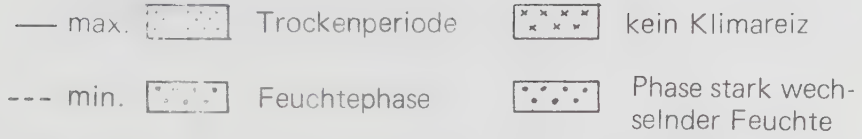
Tageszeitliche Lage der Temperaturmaxima und -minima



Tageszeitliche Lage der Temperaturmaxima und -minima



Tageszeitliche Lage der Temperaturmaxima und -minima



Tageszeitliche Lage der Temperaturmaxima und -minima

151 – VOR

151 — VOR

Großzehentemperatur rechts	kein Klimareiz		Trockenperiode		Feuchtephase		Phase stark wechselnder Feuchte								
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.							
VP ₁	5	4		5		2	1	3							
	4	4		2		2									
	3	1	2	1	1		1		1						
	2	1	7		11	2			1						
	1	1	2	3	1			1							
VP ₂	5	6		3		1		2							
	4	1		7		3									
	3	2	1		1		1		1						
	2		10		12	3			1						
	1	2		2				1							
VP ₃	5	9		9		2		3							
	4					1									
	3	2		3	1										
	2		10		11	4			2						
	1		1		1	1									
	5	9	82%		6	50%		1	25%		3	100%			
	4	1	9%		4	33%		2	50%						
	3	1	9%		1	8,5%	1	8%	1	25%					
	2			10	91%		12	92%		4	100%		2	100%	
	1			1	9%	1	8,5%								
	5	19	58%		17	49%		5	42%	1	8%	8	80%		
	4	5	15%		9	26%		6	50%						
	3	5	15%	3	9%	4	11%	3	8%		2	17%		2	33%
	2	1	3%	27	82%		34	87%		9	75%		4	67%	
	1	3	9%	3	9%	5	14%	2	5%	1	8%		2	20%	

Tabelle als Muster für die prozentuelle Erfassung der Max. und Min.

Zuordnung der Maxima und Minima des Mittelwertes aus den drei Versuchspersonen zu den Turns ablesen, während im unteren Teil die relative Häufigkeit der Zuordnung der Maxima und Minima der Einzelwerte der drei Versuchspersonen aufgeführt ist. Eine Erläuterung zu den Verbindungslinien der Schemata ist auf Seite 33 ersichtlich.

4.1.2. Es wurde der Mittelwert von den fünf Turns jedes einzelnen Tages gebildet, der als Tagestemperaturwert bezeichnet wird. Der gleiche Auswertungsgang wie bei 4.1.1. ist hier mit dem jeweiligen Tagestemperaturwert beschriftet. Die Aufstellung der Werte in Tabellen ist gleichermaßen auf Seite 16 erfolgt. Man hat mit Hilfe dieser Tabellen Kurvenverläufe gebildet (s. Seite 19 – 24). Auf der Abszisse der Kurven sind die Versuchstage und auf der Ordinate die absoluten Temperaturwerte aufgestellt. Wie bei allen Kurvenverläufen sind auch hier die Klimaperioden entlang der Versuchszeitspanne gezeichnet. Beim nächsten Schritt war der Mittelwert aller Tage jeder Klimaperiode zu bilden. Als Beispiel siehe folgende Tabelle:

151	kein Klimareiz	Trocken- periode	Feuchte- phase	Phase stark wechselnder Feuchte
VP ₁	23,59	22,71	25,80	25,71
VP ₂	22,39	22,80	24,00	23,70
VP ₃	25,96	25,34	26,10	26,74
MW	23,98	23,63	25,30	25,37

Mit Hilfe dieser Tabellen sind die Histogramme auf Seite 46 – 48 entstanden. Eine Zeichenerläuterung steht auf Seite 45.

4.2. Von den zwei Temperaturwerten, die anhand der Lochkarten vom Computer geliefert wurden, stellt der erste die Anfangstemperatur dar, während der zweite Wert die Wiedererwärmungstemperatur zum Ausdruck bringt. Der Computer fertigte für diese beiden Werte ein Punktwolkendiagramm an. Dieses, getrennt für jede der drei Meßgrößen und jeden der fünf Turns, hat auf der Abszisse die Ausgangstemperaturskala und auf der Ordinate die Wiedererwärmungstemperaturwerte aufgetragen. Ein solches Punktwolkendiagramm steht als Beispiel auf Seite 25.

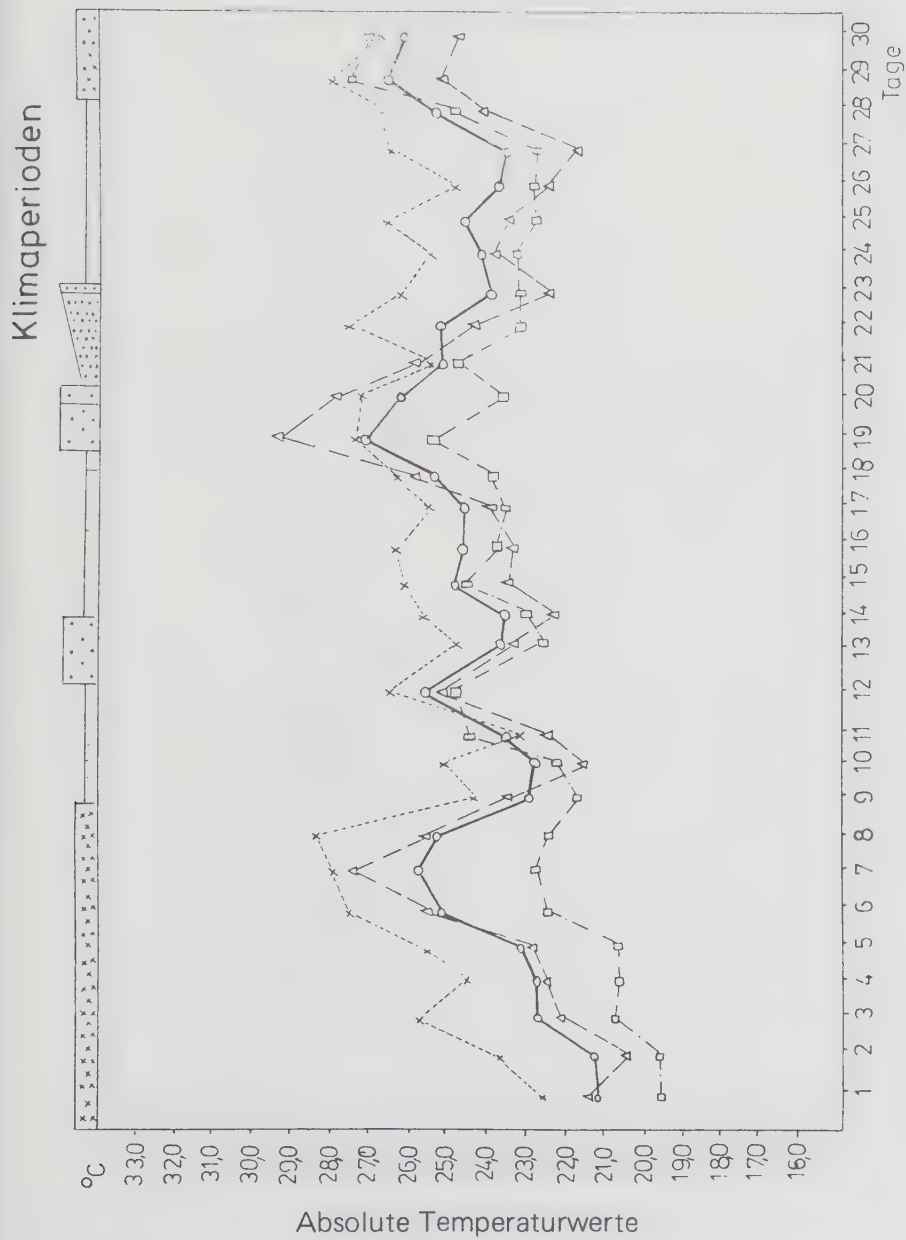
Die Ausgangstemperatur und die dazugehörige Wiedererwärmungstemperatur in der 7. Minute (WET 7) lieferten die Koordinatoren für je einen der insgesamt 90 Punkte (3 Versuchspersonen x 30 Tage = 90 Tage). Sämtliche Punkte streuen annähernd um eine Gerade, Regressionsgerade genannt. Die Regressionsgerade schneidet die Abszisse an einer bestimmten Stelle und bildet mit ihr einen Winkel. Dieser Winkel ist ein Maß für den Regressionskoeffizienten. Der Regressionskoeffizient konnte rechnerisch bestimmt werden, so daß alle Punkte die kleinste Quadratsumme des Abstandes von der Regressionsgerade haben. Diese Abstände heißen Residuen. Sie können positiv oder negativ sein, je nachdem ob sie oberhalb oder unterhalb der Gerade liegen. Die Residuen sind weder von den Ausgangstemperaturen noch von den Wiedererwärmungstemperaturen abhängig.

Zeitlicher Verlauf der absoluten Tagestemperaturwerte aufgegliedert in Meßgrößen und „VOR“-/„NACH“-Werten

ZEICHENERKLÄRUNG:

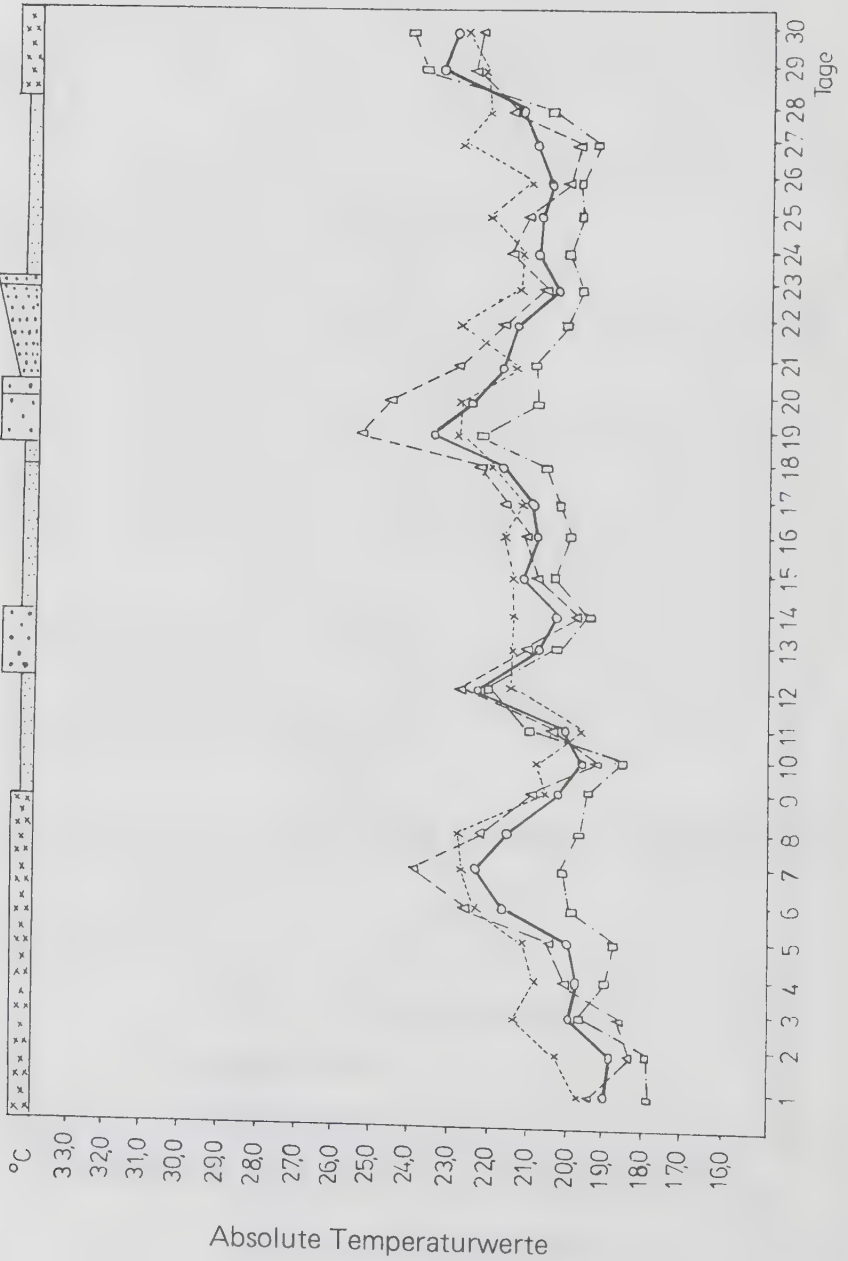
○ ————— ○	Mittelwert aller 3 Versuchspersonen
△ — — — — △	1. Versuchsperson
□ - - - - - □	2. Versuchsperson
X - - - - - X	3. Versuchsperson

Großzehe des rechten Fußes = 151 VOR

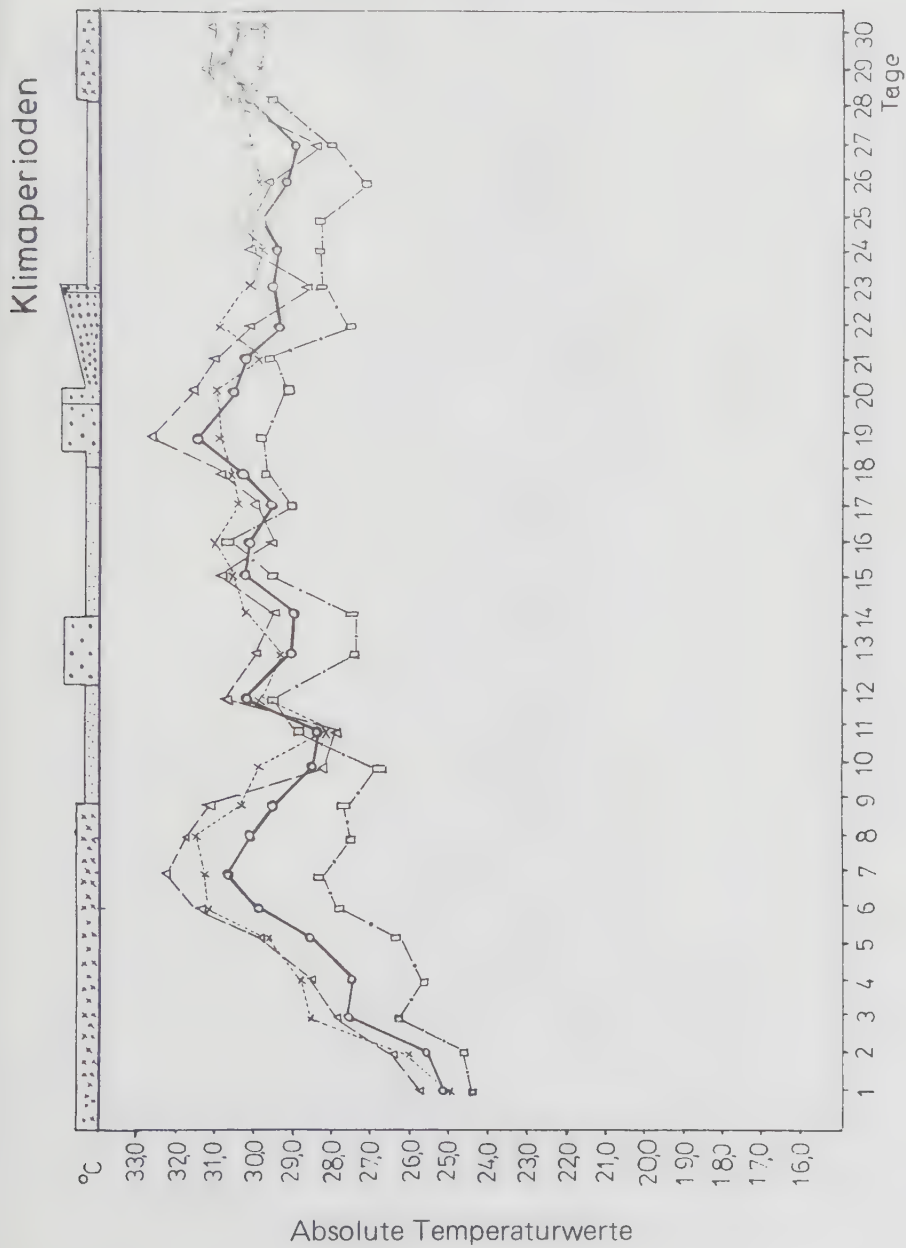


Großzehe des rechten Fußes = 151 NACH

Klimaperioden



Rechter Fußrücken = 152 VOR



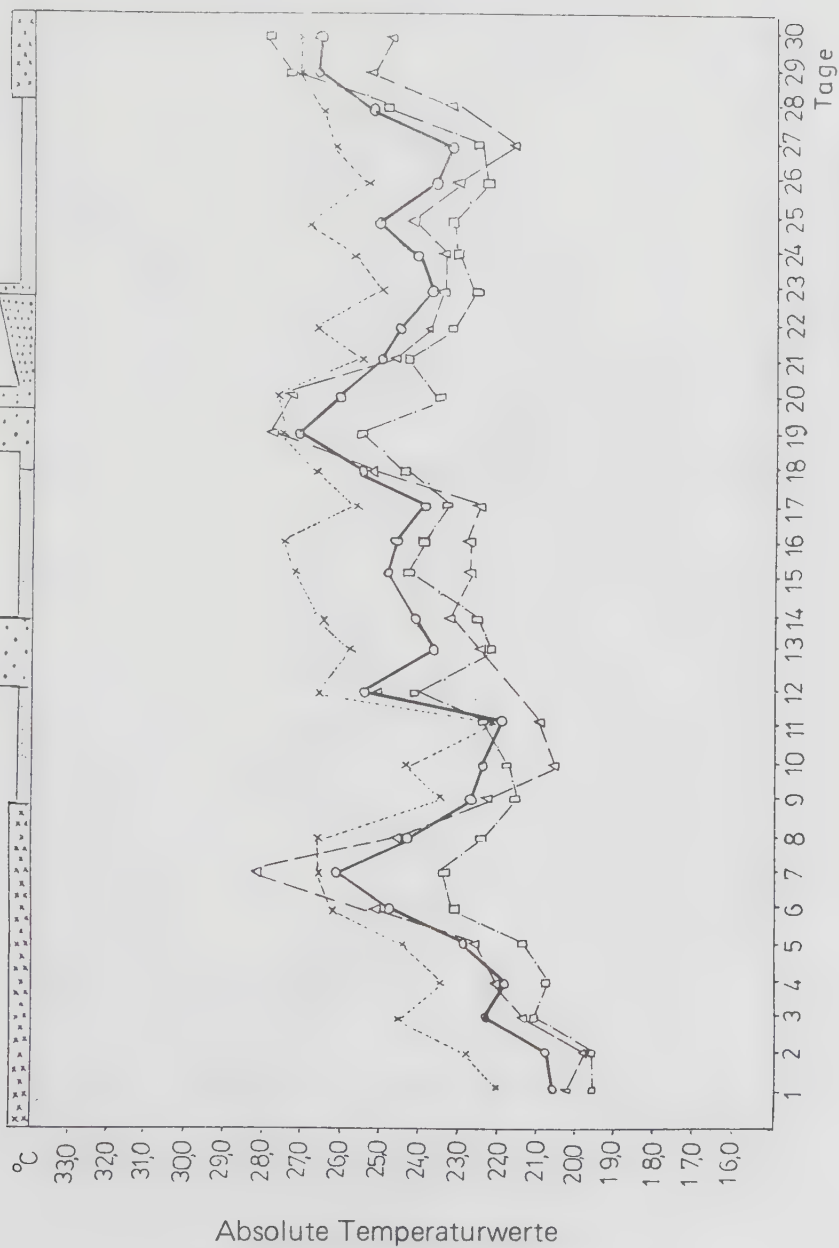
Rechter Fußrücken = 152 NACH

Klimaperioden

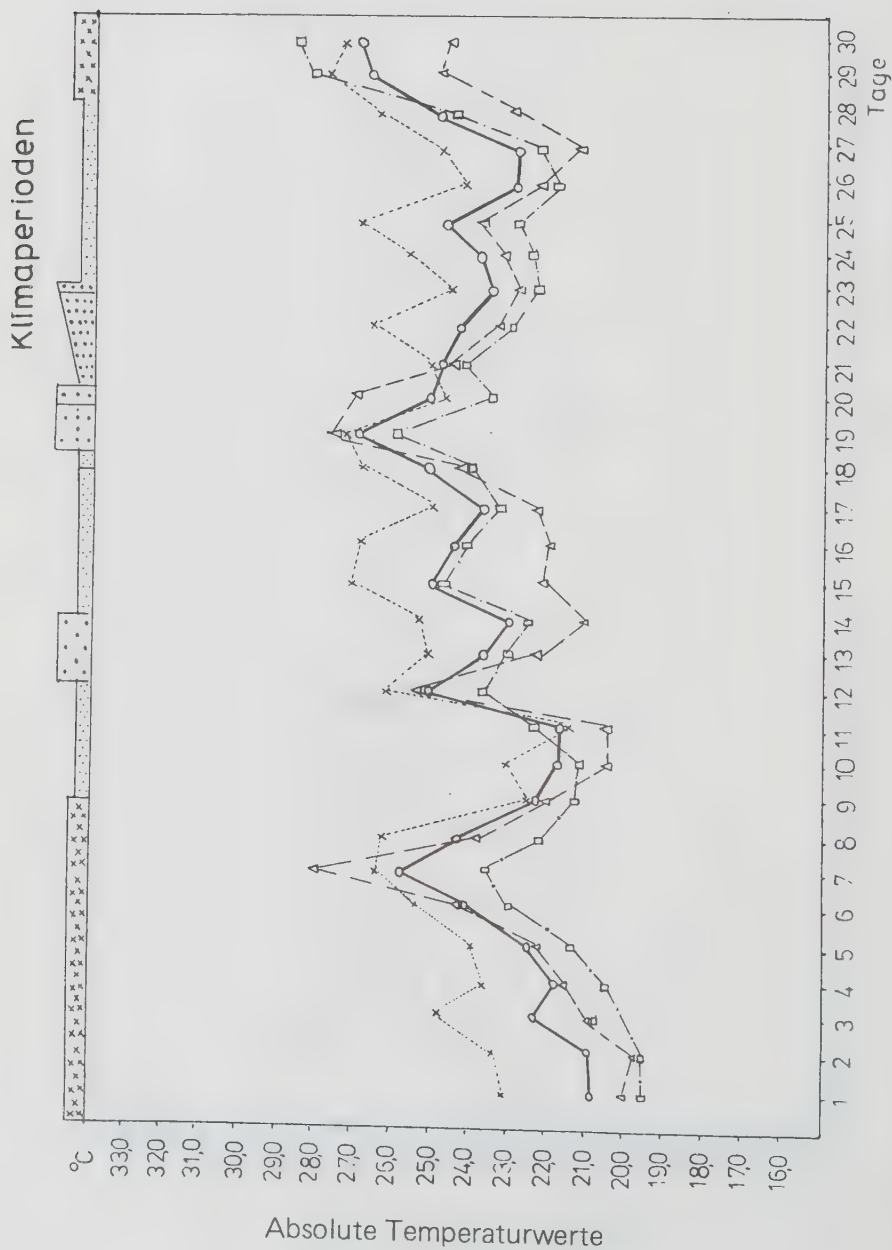


Konsensuelle Großzehe (links) = 153 VOR

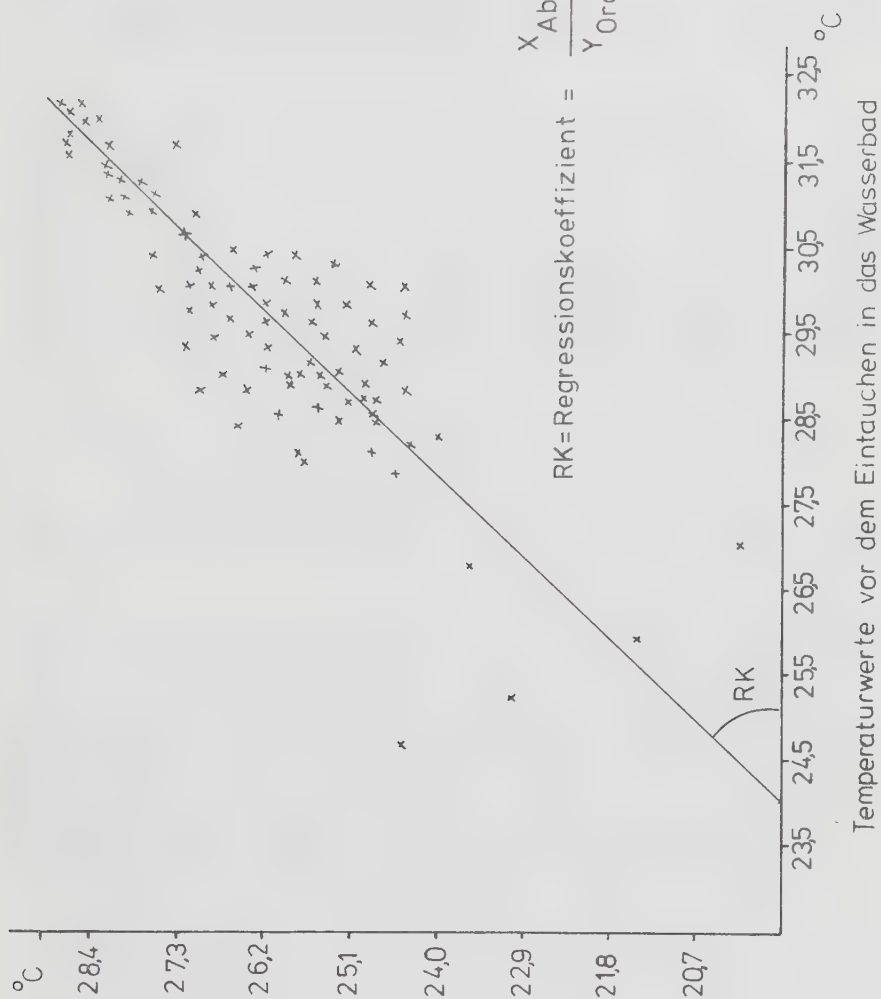
Klimaperioden



Konsensuelle Großzehe (links) = 153 NACH



Temperaturwerte nach dem Austauschen aus dem Wasserbad



Punktwolkendiagramm

Die Regressionskoeffizienten drücken also das Verhältnis der Ausgangstemperaturwerte zu den Wiedererwärmungswerten aus. Die bei jeder Meßgröße und Turn gebildeten Quotienten sind in einer Tabelle (s. unten) zusammengestellt. Im IV. Kapitel wird näher darauf eingegangen.

	Großzehe rechts		Fußrücken rechts		Großzehe links	
Turn 1	1/0,66	°C/°C	1/0,97	°C/°C	1/0,90	°C/°C
Turn 2	1/0,64	°C/°C	1/0,91	°C/°C	1/0,93	°C/°C
Turn 3	1/0,62	°C/°C	1/0,87	°C/°C	1/0,98	°C/°C
Turn 4	1/0,625	°C/°C	1/0,82	°C/°C	1/0,97	°C/°C
Turn 5	1/0,701	°C/°C	1/0,89	°C/°C	1/1,12	°C/°C

Um die Residuen auswerten zu können, muß man sie

4.2.1. nach ihrer Lage in bezug auf die Regressionsgerade und

4.2.2. nach dem Tageswert der Residuen — das ist der Mittelwert aller 5 Turns — einordnen.

4.2.1. Nach ihrer Lage in bezug auf die Regressionsgerade bekam jeder Punkt (Residuum), der oberhalb der Gerade liegt, ein $\oplus$, unterhalb der Gerade ein $\ominus$ und in einem indifferenten Bereich ein 0. Wir haben diesen indifferenten Bereich getrennt für jede Meßgröße bestimmt, so daß gleich viele Punkte oberhalb, unterhalb und innerhalb dieses Bereiches liegen. Sie wurden zusammengefaßt und in Tabellen nach Versuchspersonen und Klimaperioden aufgliedert. Die nächste Tabelle ist als Beispiel angeführt.

Versuchsperson 1:

151 – Größehe des rechten Fußes:

Versuchstage	1	2	3	4	5		29	30
Turn 1	—	—	—	—	—		—	—
Turn 2	—	—	—	—	—		—	0
Turn 3	+	—	—	—	—		0	0
Turn 4	—	—	—	0	0		0	0
Turn 5	—	—	0	0	+		+	+

Als nächster Schritt hat man die entsprechenden Punkte in Versuchspersonen zusammengefaßt. Dies zeigt folgende Tabelle:

151 – Größehe des rechten Fußes:

Versuchspersonen	1	2	3	MW
kein Klimareiz	+ 11	+ 27	+ 19	+ 15
	0 16	0 23	0 18	0 22
	— 28	— 5	— 19	— 18
Trockenphase	+ 15	+ 4	+ 15	+ 14
	0 26	0 20	0 26	0 21
	— 20	— 37	— 20	— 26
Feuchtephase	+ 15	+ 15	+ 12	+ 16
	0 5	0 3	0 4	0 2
	— 0	— 2	— 4	— 2
Phase stark wechselnder Feuchte	+ 9	+ 4	+ 4	+ 5
	0 3	0 4	0 4	0 5
	— 2	— 6	— 6	— 4

Um die Abhängigkeit der Vergleichszahlen von der Anzahl der Tage zu eliminieren, wurden die Symbole $\oplus$ durch die Symbole $\ominus$ — aus der obigen Tabelle — in Quotienten ausgedrückt. Die Quotienten, die nach Versuchspersonen, Meßgrößen und Klimaperioden eingeteilt sind, wurden an Hand der wissenschaftlichen Tabellen „Dokumenta GEIGY“ (11) ausgewertet.

Die ausgewerteten Tabellen siehe Seite 54.

Bei diesen Tabellen sind die signifikanten Veränderungen der Residuen innerhalb der Klimaperioden dargestellt. Ein Plus im großen Kreis bedeutet, daß die Wiedererwärmungstemperaturen höher als die Regressionsgerade liegen. Zwei Plus wären der Indikator für sehr hohe Wiedererwärmungstemperaturen in bezug auf die Regressionsgerade. Ein oder zwei Minus deuten das gleiche im umgekehrten Sinne an, d.h. daß die Wiedererwärmungstemperaturen niedrig bzw. zu niedrig von der Regressionsgerade anzutreffen sind.

- 4.2.2. Der Mittelwert der Residuen aller Turns eines Tages (Tagesresiduenwert) kann Auskunft über die Beziehungen der Tage miteinander geben. Diese Tagesresiduenwerte wurden in Tabellen zusammengestellt, wie das folgende Beispiel zeigt:

151 — Großzehe des rechten Fußes:

Versuchspersonen	1	2	3	MW
1. Tag	2,25	-0,4	- 2,99	- 0,37
2. Tag	0,18	1,87	- 4,12	- 0,69
.....				
.....				
30. Tag	11,18	14,72	- 1,85	7,27

Man hat anschließend den Mittelwert jeder Klimaperiode getrennt für jede Versuchsperson und Meßgröße gebildet. Mit Hilfe dieser Werte hat man die Histogramme aufgestellt (s. Seite 60—62). Auf der Ordinate stehen die Klimaperioden und auf der Abszisse die Mittelwerte aus den Klimaperioden.

IV. ERGEBNISSE

1. Ergebnisse der absoluten Temperaturwerte

- 1.1. Die Beziehungen des Tagesrhythmus zu den Klimaänderungen, gekennzeichnet durch die zeitliche Lage der maximalen und minimalen Hauttemperaturwerte.

151 – VOR = GROSSZEHENTEMPERATUR RECHTS:

Auf der Seite 34 stehen oben die Diagramme mit der prozentuellen Häufigkeit der absoluten Durchschnittstemperaturwerte für die Turns 1–5 und unten die Diagramme der aus den 3 Versuchspersonen gebildeten Werte. Der Einfachheit halber kann man die erstgenannten als **Durchschnittswertdiagramme** und die letztgenannten als **3-Versuchspersonenwertdiagramme** bezeichnen.

Durchschnittswertdiagramme: Die Maxima bei den klimareizfreien Tagen, der Trockenperiode und der Phase der stark wechselnden Feuchte liegen am 5. Turn, während das Maximum der Feuchtephase am 4. Turn liegt. Die Minima dagegen haben ihre Werte alle einheitlich am 2. Turn.

3-Versuchspersonenwertdiagramme: Sowohl die Maxima als auch die Minima verhalten sich entsprechend den Durchschnittswertdiagrammen.

151 – NACH = GROSSZEHENTEMPERATUR RECHTS:

Auf der Seite 35 sind die Diagramme aufgestellt.

Durchschnittswertdiagramme: Die Maxima liegen bei den klimareizfreien Tagen, Trockenperiode und der stark wechselnden Feuchte am 5. Turn, bei der Feuchtephase dagegen etwa gleich häufig am 4. und 5. Turn. Die Minima zeigen ihre niedrigsten Lagen bei den klimareizfreien Tagen, Trockenperiode und Feuchtephasen am 2. Turn und bei der Phase der stark wechselnden Feuchte gemeinsam am 2. und 4. Turn.

3-Versuchspersonenwertdiagramme: Hier sind die Maxima der klimareizfreien-, Trockenphase und der Tage mit der stark wechselnden Feuchte am 5. Turn, die der Feuchte am 4. Turn anzutreffen. Die Minima bei allen vier Klimaperioden liegen am 2. Turn.

152 – VOR = FUSSRÜCKENTEMPERATUR RECHTS:

Die Diagramme finden sich auf Seite 36.

Durchschnittswertdiagramme: Ihre Maxima liegen wie bei 151 – VOR, d.h. nur bei der Feuchtephase am 4. Turn während bei allen anderen Klimaperioden am 5. Turn. Die Minima haben ihre Werte bei allen vier Klimaperioden am 2. Turn.

3-Versuchspersonenwertdiagramme: Es besteht ein paralleler Verlauf zu den Durchschnittswertdiagrammen der gleichen Meßgröße.

152 – NACH = FUSSRÜCKENTEMPERATUR RECHTS:

s. Seite 37

Durchschnittswertdiagramme: Ihre Maxima liegen bei den klimareizfreien Tagen, der Trockenperiode und der Phase der stark wechselnden Feuchte am 5. Turn, bei der Feuchtephase dagegen am 4. Turn. Die Minima der Feuchtephase liegen gemeinsam am 2. und 3. Turn. Alle anderen drei Klimaphasen haben ihre Minima am 2. Turn.

3-Versuchspersonenwertdiagramme: Es besteht hier wiederum ein ähnliches Temperaturverhalten wie bei den Meßgrößen 151–VOR, 151 – NACH und 152 – VOR, d.h. die Maxima aller Klimaperioden, außer der Feuchtephase liegen am 5. Turn, während die der Feuchtephase gemeinsam am 4. und 5. Turn zu finden sind. Die Minima zeigen erneut die gleiche Tendenz, d.h. sie liegen mit den Temperaturwerten am 2. Turn.

153 – VOR = GROSSZEHENTEMPERATUR LINKS (KONSENSUELL)

s. Seite 38

Durchschnittswertdiagramme: Ihre Maxima liegen wie bei der Meßgröße 151 – VOR, d.h. bei den klimareizfreien Tagen, Trockenperiode und der stark wechselnden Feuchte am 5. Turn, bei der Feuchtephase am 4. Turn. Die Minima der ersten Klimaperioden haben ihre Werte am 2. Turn, der vierten Klimaperiode gemeinsam am 2. und 4. Turn.

3-Versuchspersonenwertdiagramme: Nur die Maxima der klimareizfreien Tage und der Phase der stark wechselnden Feuchte liegen am 5. Turn, während die Trockenperiode und die Feuchtephasen gleich hoch am 4. und 5. Turn liegen. Die Minima aller Klimaperioden liegen, entsprechend allen Meßgrößen, am 2. Turn.

153 – NACH = GROSSZEHENTEMPERATUR LINKS (KONSENSUELL)

s. Seite 39

Durchschnittswertdiagramme: Ihre Maxima verhalten sich entsprechend allen bisher besprochenen Diagrammen, d.h. ihre Werte bei der Phase der Feuchte liegen am 4. Turn, während sie bei allen anderen Klimaperioden am 5. Turn anzutreffen sind. Die Minima aller Klimaperioden liegen wie bisher am 2. Turn.

3-Versuchspersonenwertdiagramme: Während bei der Feuchtephase ihre Maxima gemeinsam am 4. und 5. Turn anzutreffen sind, liegen sie bei den klimareizfreien Tagen, der Trockenperiode und der Feuchtephase am 5. Turn. Die Minima dagegen haben ihren Häufigkeitsgipfel bei allen vier Klimaperioden am 2. Turn.

Vergleich

Abschließend ist festzustellen, daß eine große Abhängigkeit im Verhalten der drei Meßgrößen untereinander vorhanden ist. Von einigen Ausnahmen abgesehen, ergeben sich daraus folgende Zusammenhänge:

1. Die klimareizfreien Tage, die Trockenperiode und die Phase der stark wechselnden Feuchte haben ihre Maxima fast immer am 5. Turn.
2. Die beiden Feuchtephasen weisen ihre Maxima meistens am 4. Turn auf.
3. Die Minima aller Klimaperioden liegen immer am 2. Turn.

PROZENTUELLE HÄUFIGKEIT DER ABSOLUTEN TEMPERATUR-
WERTE FÜR DIE TURNS 1–5, AUFGETEILT IN MESSGRÖSSEN,
„VOR“ – „NACH“-WERTEN UND MAXIMA – MINIMA.

ZEICHENERKLÄRUNG:

○ ——— ○

Kein Klimareiz

△ — — — △

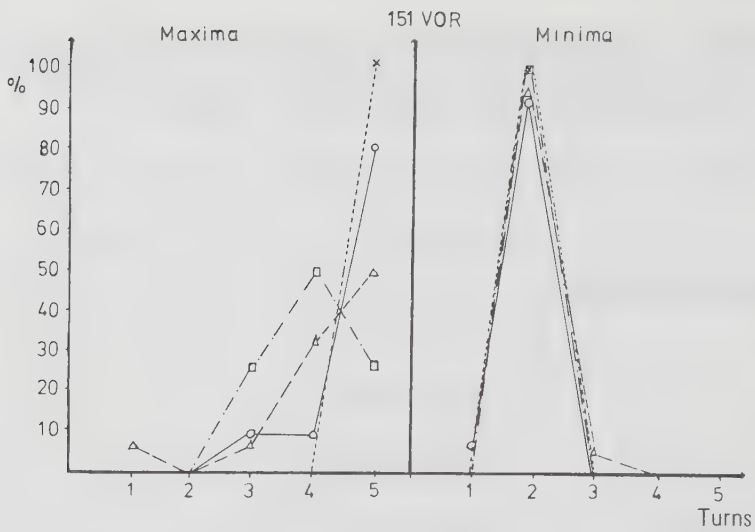
Trockenperiode

□ - - - - □

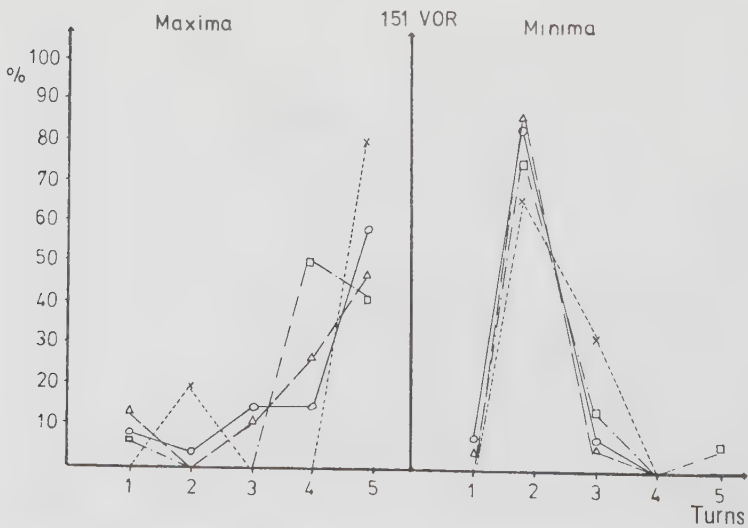
Feuchtephase

X ······ X

Phase stark wechselnder Feuchte

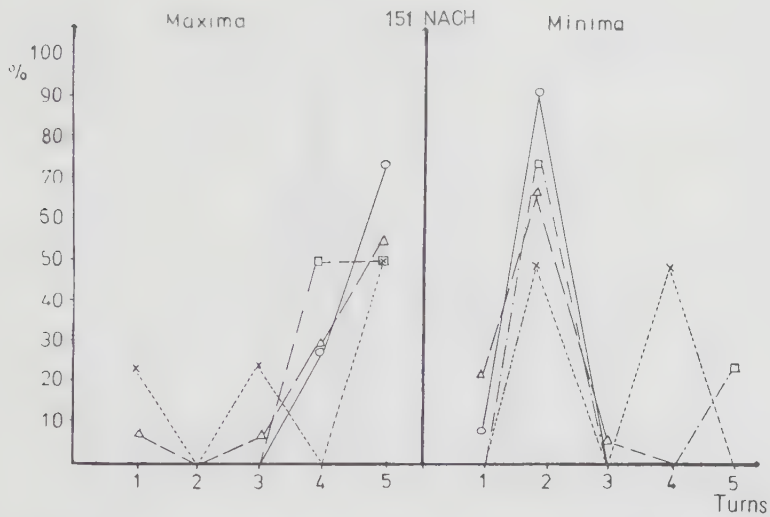


Prozentuelle Häufigkeit der Durchschnittswerte

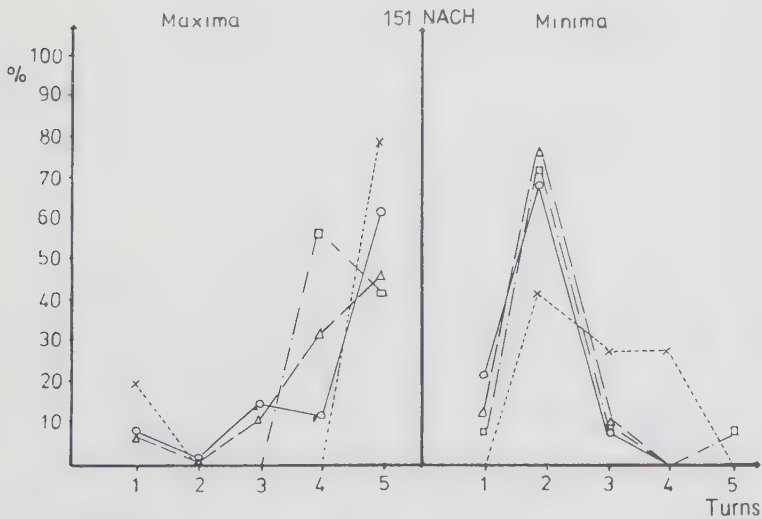


Prozentuelle Häufigkeit der aus den einzelnen Temperaturverläufen der 3 Versuchspersonen gebildeten Werte

151 — Großzehe des rechten Fußes

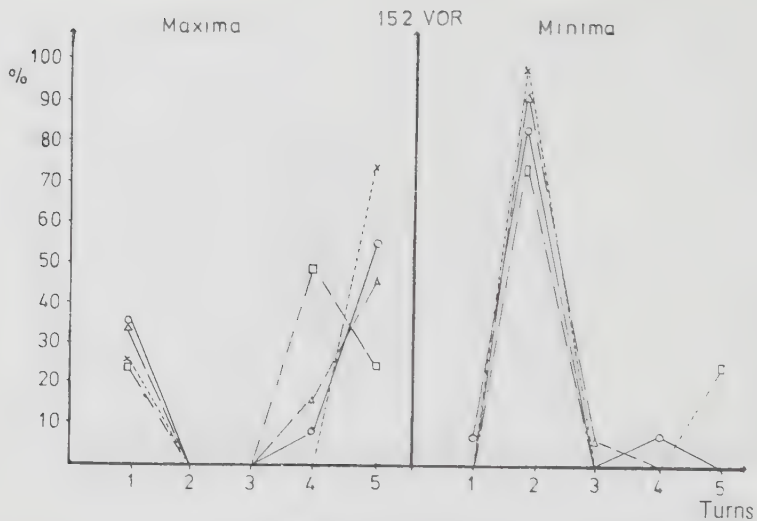


Prozentuelle Häufigkeit der Durchschnittswerte

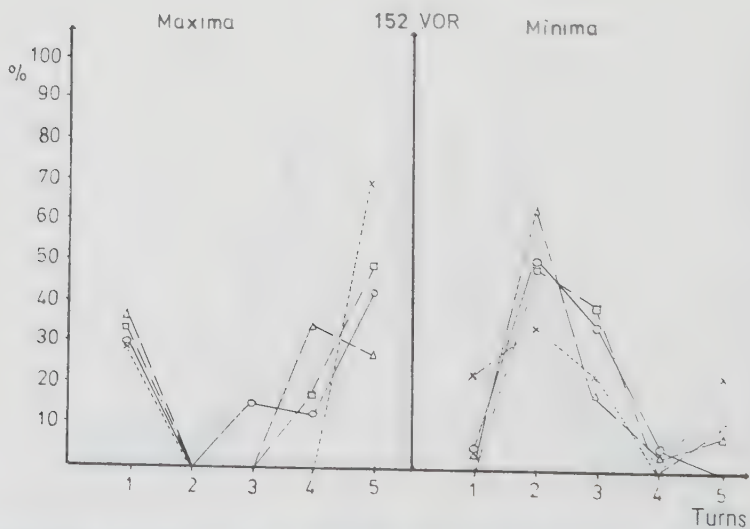


Prozentuelle Häufigkeit der aus den einzelnen Temperaturverläufen der 3 Versuchspersonen gebildeten Werte.

151 = Großzehe des rechten Fußes

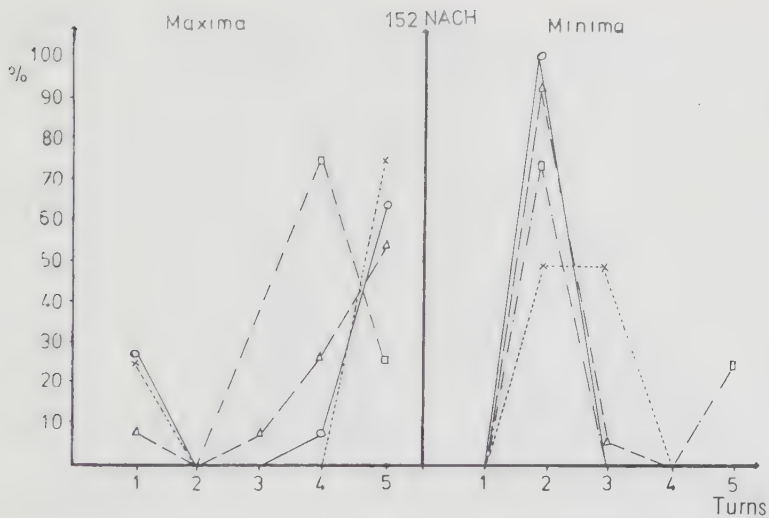


Prozentuelle Häufigkeit der Durchschnittswerte

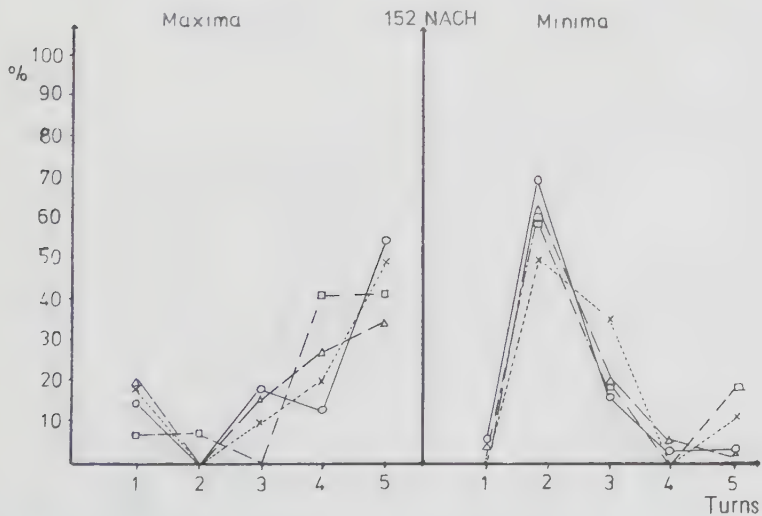


Prozentuelle Häufigkeit der aus den einzelnen Temperaturverläufen der 3 Versuchspersonen gebildeten Werte

152 = rechter Fußbrücken

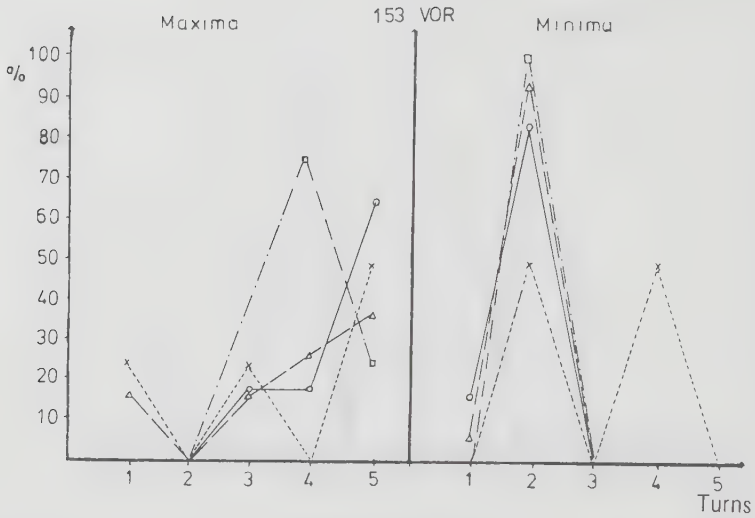


Prozentuelle Häufigkeit der Durchschnittswerte

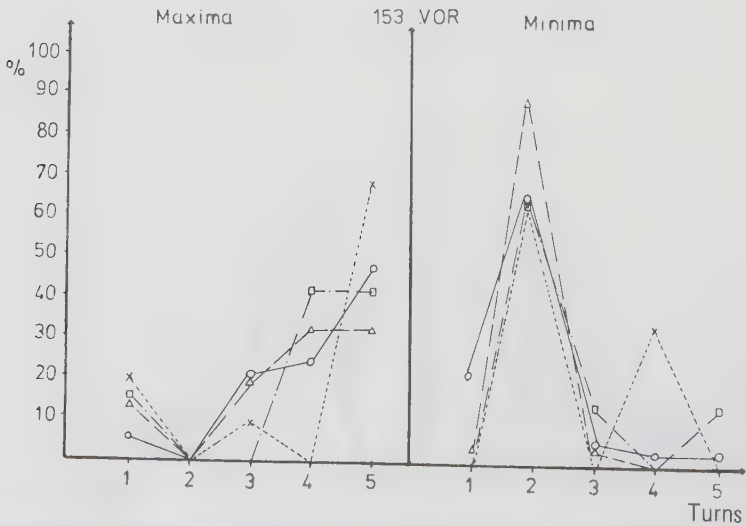


Prozentuelle Häufigkeit der aus den einzelnen Temperaturverläufen der 3 Versuchspersonen gebildeten Werte.

152 = rechter Fußrücken

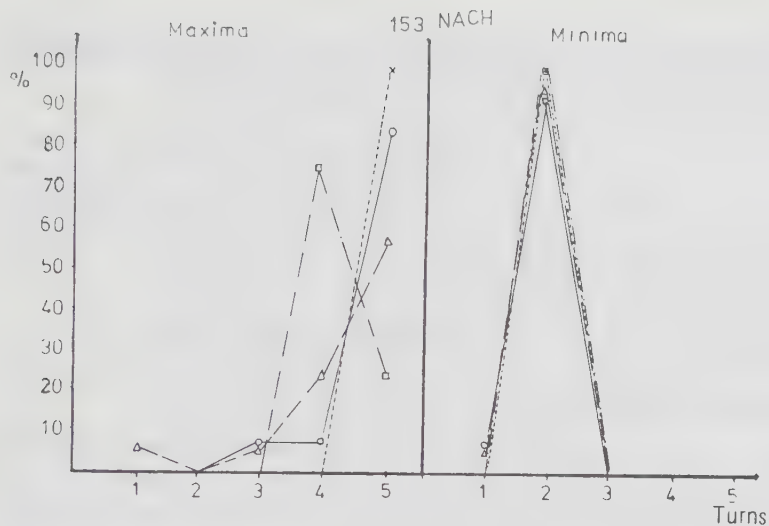


Prozentuelle Häufigkeit der Durchschnittswerte

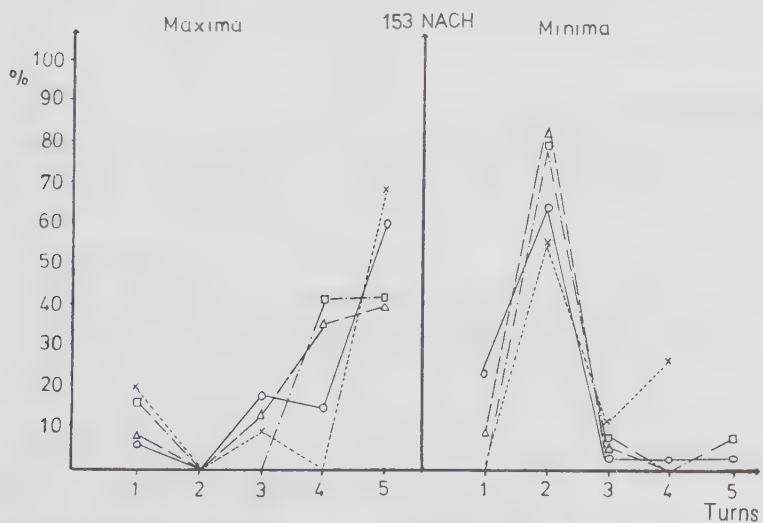


Prozentuelle Häufigkeit der aus den einzelnen Temperaturverläufen der 3 Versuchspersonen gebildeten Werte.

153 = konsensuelle Großzehe (links)



Prozentuelle Häufigkeit der Durchschnittswerte



Prozentuelle Häufigkeit der aus den einzelnen Temperaturverläufen der 3 Versuchspersonen gebildeten Werte.

153 = konsensuelle Großzehe (links)

1.2. Die Beziehungen der Tagestemperaturwerte, d.h. des Mittelwertes aller fünf Turns pro Tag zu den Klimaänderungen

Auf der Seite 19–24 stellen die Kurvenverläufe die Tagestemperaturwerte in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitseinfluß dar. Diese Abhängigkeit kann am besten anhand der Histogramme auf der Seite 46–48 demonstriert werden.

151 = GROSSZEHE DES RECHTEN FUSSES: s. Seite 46

Versuchsperson 1 (VP₁):

VOR: Der Tagestemperaturwert der Feuchtephase liegt etwas höher als der entsprechende Wert der Phase der stark wechselnden Feuchte. Die Trockenperiode weist den niedrigsten Wert auf.

NACH: Nach dem Bad liegt der Tagestemperaturwert der Phase der stark wechselnden Feuchte diesmal etwas höher als der der Feuchtephase. Die Tage ohne Klimareiz zeigen den niedrigsten Wert im Anschluß an der Trockenperiode auf.

Versuchsperson 2 (VP₂):

VOR: Die Feuchtephase zeigt den höchsten Wert, während die Phase der stark wechselnden Feuchte etwas niedriger liegt. Die untersten Werte bilden die klimareizfreien Tage.

NACH: Die Feuchtephase ist nach dem Austauschen aus dem Fußbad am höchsten. Danach folgen die Phase der stark wechselnden Feuchte, die klimareizfreien Tage und die Trockenperiode.

Versuchsperson 3 (VP₃):

VOR: Der Tagestemperaturwert zeigt die höchste Lage aller Werte auf. Die Feuchte- und die klimareizfreie Phase liegen gleich hoch, während die Trockenperiode den niedrigsten Wert aufweist.

NACH: Die Phase der stark wechselnden Feuchte ergibt den höchsten Wert, während die Feuchtephase gegenüber den klimareizfreien Tagen überwiegt. Die Trockenperiode dagegen zeigt den niedrigsten Wert.

Mittelwert (MW):

VOR: Die beiden Feuchtephasen, wie das bei allen drei Versuchspersonen beobachtet worden ist, zeigen die höchsten Werte; am niedrigsten liegt die Trockenperiode.

NACH: Das Verhalten der Tagestemperaturwerte nach dem Austauschen aus dem Wasserbad entspricht bei allen Klimaperioden völlig den VOR-Werten.

152 = FUSSRÜCKEN DES RECHTEN FUSSES: s. Seite 47

Versuchsperson 1 (VP_1):

VOR: Der Tagestemperaturwert der Feuchtephase weist die höchste Lage auf. Annähernd gleich hoch liegt der Wert der stark wechselnden Feuchte. Am niedrigsten überhaupt erscheinen die Werte in der Trockenperiode.

NACH: Nach dem Austauschen aus dem Fußbad haben die Werte ihren Gipfel bei der Phase der stark wechselnden Feuchte. Es folgt die Feuchtephase und zum Schluß die Trockenperiode.

Versuchsperson 2 (VP_2):

VOR: Die Feuchtephase zeigt den höchsten Wert. Die anschließende Reihenfolge entspricht der Meßgröße 151 — VP_2 — VOR, d.h. die Phase der stark wechselnden Feuchte liegt höher als die Trockenperiode.

NACH: Die Tagestemperaturwerte verhalten sich proportional zu den VOR-Werten.

Versuchsperson 3 (VP_3):

VOR: Die Phase der stark wechselnden Feuchte liegt höher als die Feuchtephase, die ihrerseits höher als die Trocken-

periode liegt. Die klimareizfreie Phase weist den kleinsten Wert auf.

NACH: Der gleichen Reihenfolge — siehe oben — folgen auch die Werte nach dem Austauschen aus dem Bad und zwar bei allen Klimaperioden.

Mittelwert (MW):

VOR: Die Feuchtephase zeigt hier wie auch bei VP_1 und VP_2 den höchsten Wert auf. Es folgt die Phase der stark wechselnden Feuchte und der Trockenperiode.

NACH: Die Klimaperioden verhalten sich entsprechend den VOR-Werten und den VP_2 -NACH-Histogrammen.

153 = GROSSZEHE DES LINKEN FUSSES (KONSENSUELL):
s. Seite 48

Versuchsperson 1 (VP_1):

VOR: Die Tagestemperaturwerte der stark wechselnden Feuchte liegen höher als die der Feuchtephase. Die Trockenperiode weist den niedrigsten Wert auf.

NACH: Die Phase der stark wechselnden Feuchte liegen auch nach dem Austauschen am höchsten. Die anderen Klimaperioden verhalten sich proportional.

Vergleich zwischen Meßgrößen 151 und 153:

Bei VP_1 der konsensuellen Zehe beobachten wir, im Gegensatz zur Zehe des rechten Fußes — bei den VOR-Werten — einen Stellen-tausch der zwei Feuchtephasen.

Versuchsperson 2 (VP_2):

VOR: Die Feuchtephase weist die höchste Lage auf. Die vierte Klimaperiode liegt etwas niedriger und die Trockenphase ist am niedrigsten.

NACH: Der Tagestemperaturwert der Feuchtephase liegt am höchsten und zwar am gleichen Stand, wie der entsprechende Wert vor dem Eintauchen. Die Lage der Phase

der stark wechselnden Feuchte liegt etwas niedriger, während die Trockenperiode den geringsten Wert aufweist.

Vergleich zwischen den Meßgrößen 151 und 153:

Bei VP_2 —VOR hat der Tagestemperaturwert der Feuchte im Verhältnis zur Meßgröße 151 seine höchste Lage beibehalten. Bei 153 liegt die Trockenperiode im Vergleich zur Meßgröße 151 niedriger als die Phase der klimareizfreien Tage. Bei den Werten nach dem Austauschen aus dem Wasserbad ist keine Veränderung im Verhalten der Klimaperioden beobachtet worden.

Versuchsperson 3 (VP_3):

VOR: Der Tagestemperaturwert der Feuchtephase liegt wie bei der VP_2 am höchsten. Die Phase der stark wechselnden Feuchte nimmt die zweite Stelle und die Trockenperiode die dritte Stelle ein.

NACH: Das Verhalten der zwei Feuchtephasen ist gegenüber den VOR-Werten unverändert geblieben. Die Trockenperiode dagegen liegt niedriger als die Phase der klimareizfreien Tage.

Vergleich zwischen Meßgröße 151 und 153:

Bei VP_3 sind die Werte der konsensuellen Zehe im Verhältnis zur Zehe des rechten Fußes stark verändert und zwar wie folgt:

- a) Die Feuchtephasen liegen bei 153 sowohl bei den VOR- als auch bei den NACH-Werten am höchsten, im Gegensatz zu 151-VOR und NACH, wo die Werte der Phase der wechselnden Feuchte hervorrangen und
- b) am niedrigsten liegt bei 153-VOR die Phase der klimareizfreien Tage, während bei 151-VOR die Trockenperiode diesen Platz einnimmt. Bei 151- und 153-NACH weist die Trockenperiode den niedrigsten Wert auf.

Mittelwert (MW):

- VOR: Die Feuchtephase hat den höchsten Temperaturwert. Die Phase der stark wechselnden Feuchte liegt etwas niedriger und die Trockenperiode am niedrigsten.
- NACH: Die Tagestemperaturwerte nach dem Austauschen aus dem Wasserbad verhalten sich den Tagesausgangstemperaturen proportional.

Vergleich zwischen Meßgrößen 151 und 153:

Bei den Mittelwerten läßt sich bei der konsensuellen Großzehe ein leichtes Ansteigen der Feuchtephase im Vergleich zur Phase der stark wechselnden Feuchte — bei den VOR-Werten — feststellen. Alle anderen Klimaperioden verhalten sich unverändert.

Gesamtvergleich der Meßgrößen 151, 152 und 153:

Auffallend auf den Seiten 46, 47 und 48 sind folgende Ergebnisse:

- a) Die Tagestemperaturwerte der Meßgröße 152 liegen viel höher als die Werte der anderen zwei Meßgrößen.
- b) Die Temperaturunterschiede zwischen VOR- und NACH-Werten bei der Meßgröße 153 (konsensuelle Großzehe) sind so gering und es fallen sogar in zwei Fällen — VP_2 Feuchtephase und VP_3 klimareizfreie Phase — die VOR- und NACH-Werte aufeinander.

MITTLERE TEMPERATUREN AN DEN VERSCHIEDENEN MESSTELLEN FÜR DIE VERSUCHSPERSONEN 1–3 UND IHRE DURCHSCHNITTSTEMPERATUREN, AUFGEGLIEDERT IN DEN VIER KLIMAPERIODEN

ZEICHENERKLÄRUNG:



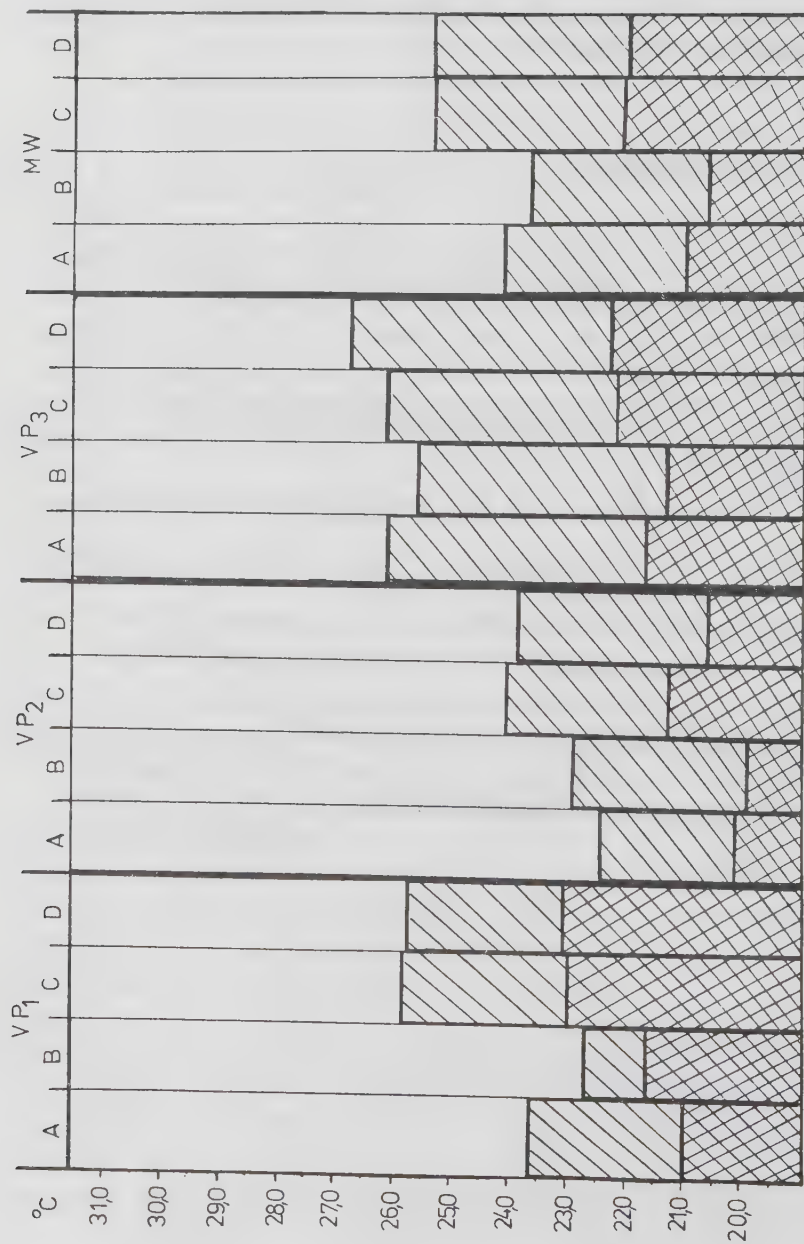
Werte vor dem Eintauchen „VOR“

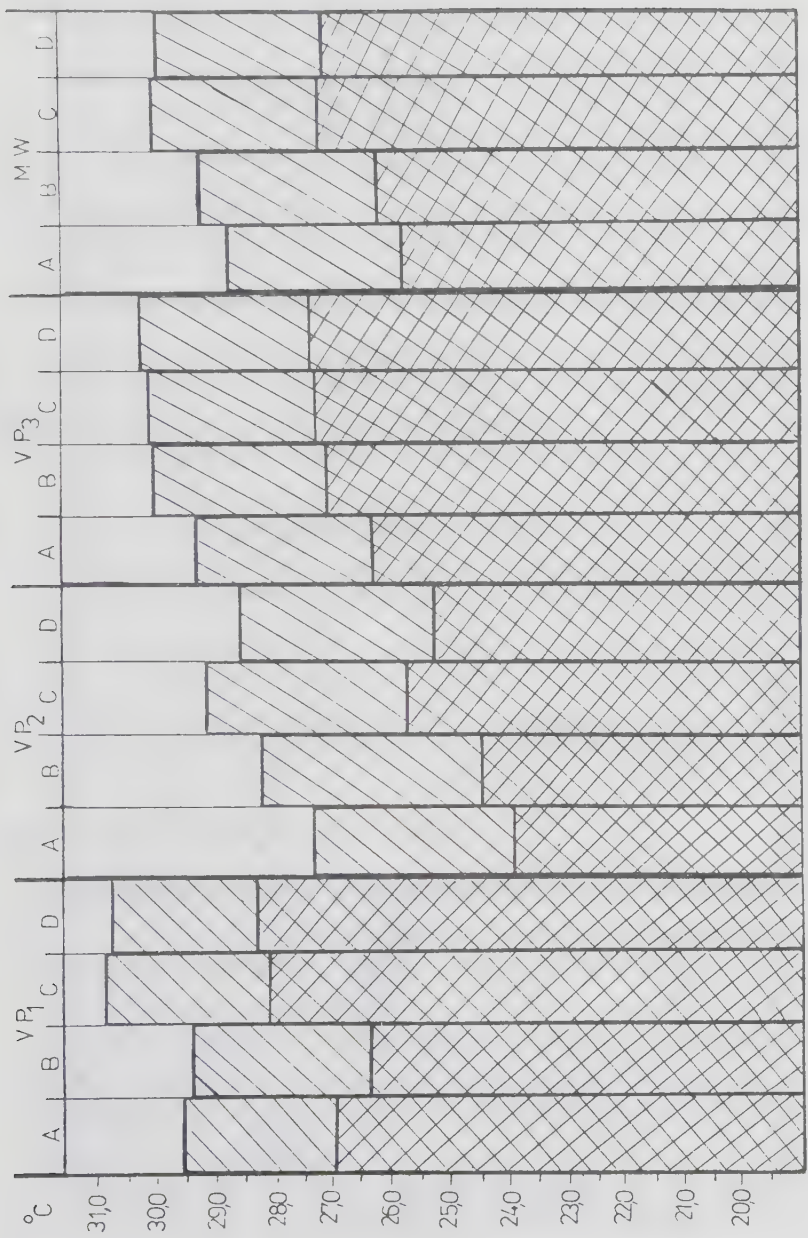


Werte nach dem Austauchen „NACH“

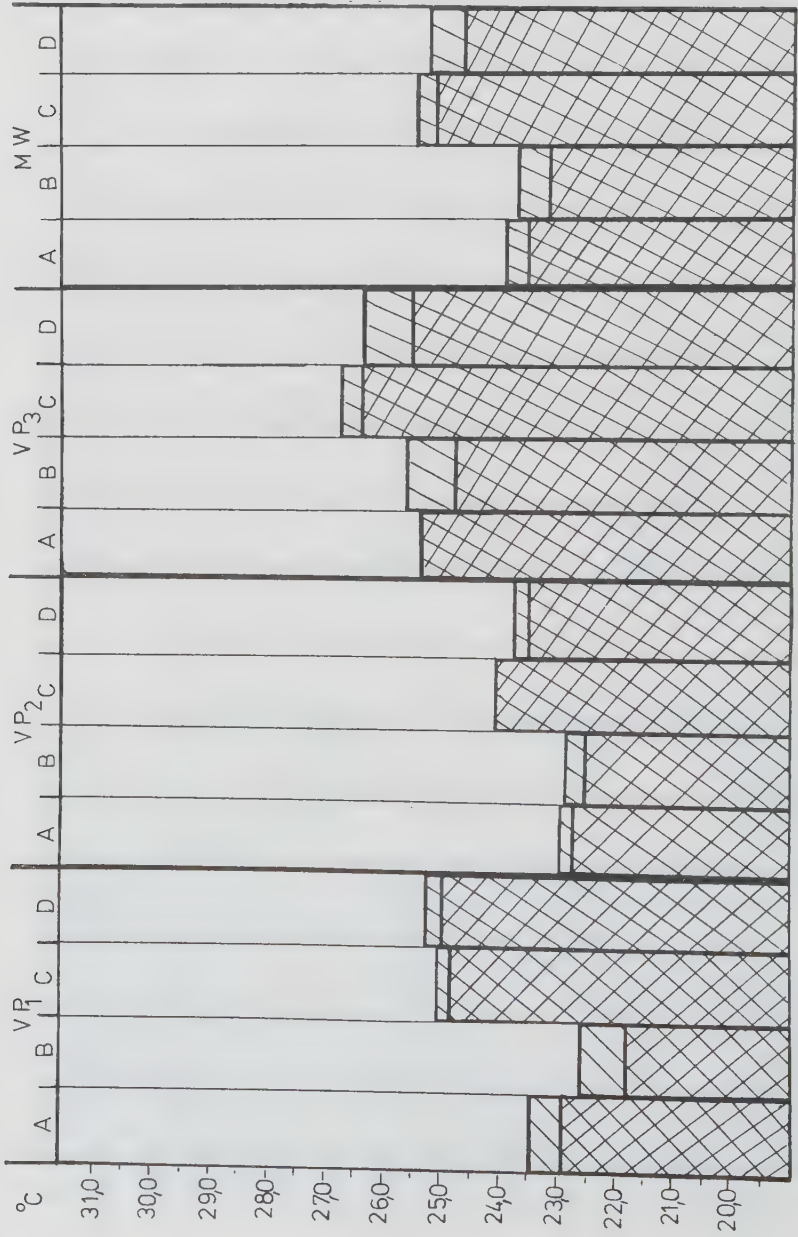
- A = Kein Klimareiz
- B = Trockenperiode
- C = Feuchtephase
- D = Phase stark wechselnder Feuchte

Großzehe des rechten Fußes = 151





konsensuelle Großzehe (links) = 153



2. Ergebnisse der Regressionsbeziehungen zwischen den Temperaturen vor und nach der Abkühlung

Auf Seite 26 ist der Auswertungsmodus der Regressionskoeffizienten besprochen. Durch die Regressionsanalyse treten die Beziehungen der fünf Turns jeden Tages in den drei Meßgrößen in Erscheinung. Jeder Turn weist einen ganz bestimmten Regressionskoeffizienten auf. Der RK ist spezifisch für eine bestimmte Tageszeit und charakterisiert das Verhalten jeder einzelnen Meßgröße wie folgt:

151 = GROSSZEHE DES RECHTEN FUSSES:

Aus der Tabelle ergibt sich, daß die WET 7 (Wiedererwärmungstemperatur in der 7. Minute) zu annähernd 2/3 den Änderungen der Temperaturen vor dem Eintauchen in das Wasserbad folgt. Das wird bei allen fünf Turns beobachtet.

152 = FUSSRÜCKEN DES RECHTEN FUSSES:

Aus der gleichen Tabelle ist zu entnehmen, daß die WET 7 zu ca. 8/10 – 10/10 den vor dem Bad bestehenden Temperaturen nachfolgt.

153 = GROSSZEHE DES LINKEN FUSSES (KONSENSUELL):

Bei der konsensuellen Großzehe stellen wir fest, daß die Regression der WET 7 am höchsten von allen drei Meßgrößen liegt und mit ca. 9/10 bis 11/10 den Ausgangstemperaturwerten folgt.

Vergleich der drei Meßgrößen miteinander:

Zusammenfassend kann man feststellen, daß

- a) die rechte Großzehe die höchsten Werte der Regressionskoeffizienten bei allen Turns aufweist, während ihre konsensuelle Großzehe die niedrigsten Werte zeigt
- b) auffallend unterschiedliche Anpassungsreaktion innerhalb der Turns besteht. Bei den Meßgrößen 151 und 152 nehmen die Regressionskoeffizienten vom 1. zum 5. Turn zu, damit sie wieder im 5. Turn geringfügig abnehmen
- c) bei der Meßgröße 153 die Regressionskoeffizienten kontinuierlich vom 1. zum 5. Turn abnehmen, so daß sie beim 5. Turn den niedrigsten Wert überhaupt erreichen.

2.1. Ergebnisse der Residuen nach ihrer Lage auf die Regressionsgerade

151 = GROSSZEHE DES RECHTEN FUSSES: s. Seite 54

Einteilung nach Versuchspersonen:

Versuchsperson 1 (VP_1):

Von den vier Klimaperioden sind nur die Feuchtephase und die klimareizfreie Periode signifikant verändert. Während die Residuen der klimareizfreien Tage im tiefen negativen Bereich liegen, sind die Residuen bei der Feuchtephase hoch positiv.

Versuchsperson 2 (VP_2):

Die Phase der klimareizfreien Tage und die Feuchtephase zeigen eine hoch positive Signifikanz. Die Trockenperiode dagegen deutet auf eine tief negative Signifikanz hin.

Versuchsperson 3 (VP_3):

Alle vier Klimaperioden sind in keinem Sinne signifikant verändert.

Mittelwert (MW):

Als einzige Klimaperiode ist nur die Feuchtephase und zwar mit einer hohen positiven Signifikanz verändert.

Einteilung nach den Klimaperioden:

Klimareizfreie Phase:

Die VP_1 und VP_2 sind signifikant verändert. Während die VP_1 eine tiefe negative Signifikanz aufweist, ist die VP_2 hoch positiv signifikant.

Trockenperiode:

Von allen Versuchspersonen hat nur die VP_2 eine tiefe negative Signifikanz zu verzeichnen.

Feuchtephase:

Die VP_1 , VP_2 und der MW zeigen alle gemeinsam eine hoch positive Signifikanz. Die VP_3 ist unverändert.

Phase der stark wechselnden Feuchte:

Alle Versuchspersonen und der Mittelwert sind unverändert geblieben.

152 = FUSSRÜCKEN DES RECHTEN FUSSES: s. Seite 54

Einteilung nach Versuchspersonen:

Versuchsperson 1 (VP_1):

Die Feuchtephase weist eine hochpositive Signifikanz auf. Die Trockenperiode dagegen zeigt eine negative Signifikanz.

Versuchsperson 2 (VP_2):

Nur die Trockenperiode ist mit negativem Wert signifikant verändert.

Versuchsperson 3 (VP_3):

An keiner der vier Klimaperioden sind signifikante Veränderungen verzeichnet worden.

Mittelwert (MW):

Wie bei VP_2 weist auch hier nur die Trockenperiode eine negative Signifikanz auf.

Einteilung nach den Klimaperioden:

Klimareizfreie Phase:

Auch hier sind weder die drei Versuchspersonen noch der Mittelwert signifikant verändert.

Trockenperiode:

Die VP_1 , VP_2 und der MW sind negativ signifikant verändert.

Feuchtephase:

Allein die VP_1 zeigt eine hochpositive Signifikanz.

Phase der stark wechselnden Feuchte:

Alle Versuchspersonen und der Mittelwert weisen keine signifikanten Veränderungen auf.

153 = GROSSZEHE DES LINKEN FUSSES (KONSENSUELL):
s. Seite 54

Einteilung nach Versuchspersonen:

Versuchsperson 1 (VP_1):

Bei allen vier Klimaphasen sind keine signifikanten Veränderungen zu verzeichnen.

Versuchsperson 2 (VP_2):

Bei der klimareizfreien Phase besteht eine positive Signifikanz. Bei der Trockenperiode dagegen eine tief negative Signifikanz.

Versuchsperson 3 (VP_3):

Alle Klimaperioden sind nicht signifikant verändert.

Mittelwert (MW):

Auch hier sind bei allen Klimaperioden keine signifikanten Veränderungen der Residuen festzustellen.

Einteilung nach den Klimaperioden:

Klimareizfreie Phase:

Eine positive Signifikanz findet sich nur bei der 2. Versuchsperson.

Trockenperiode:

Die VP_2 zeigt diesmal eine tief negative Signifikanz.

Feuchtephase und Phase der stark wechselnden Feuchte:

Alle drei Versuchspersonen und der Mittelwert zeigen keine signifikanten Veränderungen.

Vergleich der Meßgrößen 151, 152 und 153 miteinander:

Auffallend bei allen drei Meßgrößen ist:

- a) Die dritte Versuchsperson von allen Meßgrößen weist keine signifikante Änderung der Residuen auf.
- b) Die Phase der stark wechselnden Feuchte aller Meßgrößen weist ebenfalls keine signifikanten Veränderungen auf.
- c) Allein der Mittelwert der Meßgröße 153 in allen Klimaperioden ist nicht signifikant verändert.
- d) Die Feuchtephase der 3. Versuchsperson bei allen Meßgrößen zeigt keine signifikante Veränderung.
- e) Zwischen den Meßgrößen 151 und 153 der Versuchsperson 2 besteht bei der Trockenperiode das gleiche Temperaturverhalten, bei der klimareizfreien Phase dagegen zeigt die konsensuelle Großzehe eine abgeschwächte signifikante Veränderung.
- f) Alle signifikanten Veränderungen der Feuchtephase bei allen Meßgrößen sind hochpositiv.
- g) Alle signifikanten Veränderungen der Trockenperiode bei allen Meßgrößen sind entweder negativ (152) oder tiefnegativ (151, 153).

Abweichungen der Residuen vom Erwartungswert für die Versuchspersonen 1–3 und ihre Durchschnittswerte, aufgegliedert nach den Klimaperioden

 positive Abweichung
hochsignifikant

 positive Abweichung
signifikant

 negative Abweichung
hochsignifikant

 negative Abweichung
signifikant

 keine Signifikanz

A = kein Klimareiz

B = Trockenperiode

C = Feuchtephase

D = Phase stark wechselnder
Feuchte

Rechter Fußrücken = 152

	VP ₁	VP ₂	VP ₃	MW	
RG=	20/23	24/18	16/24	22/20	
					A
RG=	11/25	12/25	17/28	10/24	
					B
RG=	11/1	9/4	10/4	11/3	
					C
RG=	3/2	5/3	7/4	7/4	
					D

RG = Regressionskoeffizient

Großzehe des rechten Fußes = 151

	VP ₁	VP ₂	VP ₃	MW	
RG=	11/28	27/5	19/19	15/18	
					A
RG=	15/20	4/37	15/20	14/26	
					B
RG=	15/0	15/2	12/4	16/2	
					C
RG=	9/2	4/6	4/6	5/4	
					D

Konsensuelle Großzehe
(links) = 153

	VP ₁	VP ₂	VP ₃	MW	
	22/19	24/10	19/12	21/15	
					A
	17/19	12/31	20/26	16/27	
					B
	7/7	10/3	6/6	9/3	
					C
	4/5	4/6	5/6	4/5	
					D

2.2. Ergebnisse der Residuen nach ihrem Tageswert (Tagesresiduenwert)

151 = GROSSZEHE DES RECHTEN FUSSES: s. Seite 60

Versuchsperson 1 (VP₁):

Die Tagesresiduenwerte der Phase der stark wechselnden Feuchte liegen am höchsten auf der positiven Skala der Ordinate. Auch mit positiven Werten folgen der Reihe nach die Feuchtephase, Trockenperiode und die Phase der klimareizfreien Tage.

Versuchsperson 2 (VP₂):

Die Trockenperiode weist den höchsten absoluten Tagesresiduenwert, jedoch auf der negativen Skala, auf. Die klimareizfreien Tage und die Feuchtephase liegen niedriger, aber mit positiven Werten.

Versuchsperson 3 (VP₃):

Auch die dritte Person zeigt den höchsten Wert in der Trockenperiode und auf der negativen Seite der Ordinate. Auch negativ sind die nachfolgenden Werte und zwar der Reihenfolge nach zunächst die klimareizfreie Phase die Phase der stark wechselnden Feuchte und als letzte die Feuchtephase.

Mittelwert (MW):

Die Feuchtephase zeigt den höchsten Wert mit positivem Einschlag. Die Phase der stark wechselnden Feuchte liegt etwas niedriger. Es folgt auf der negativen Skala die Trockenperiode. Die klimareizfreie Phase zeigt den niedrigsten Wert.

Versuchsperson 1 (VP_1):

Die Feuchtephase hat den höchsten Tagesresiduenwert auf der positiven Seite der Ordinate, die Phase der stark wechselnden Feuchte liegt etwas niedriger. Den niedrigsten Tageswert weist die Trockenperiode auf.

Versuchsperson 2 (VP_2):

Alle Tagesresiduenwerte bei den vier Klimaperioden sind negativ wie bei der VP_3 von der Meßgröße 151. Den höchsten Wert zeigt die Trockenperiode. Die klimareizfreie Phase liegt etwas niedriger und den tiefsten Tageswert hat die Feuchtephase.

Versuchsperson 3 (VP_3):

Alle Klimaperioden haben positive Werte. Die Feuchtephase, die bei der gleichen Person der Meßgröße 151 am niedrigsten war, zeigt nun den höchsten Tagesresiduenwert. Es folgen die Phase der stark wechselnden Feuchte, die Trockenperiode und zum Schluß kommt die klimareizfreie Phase.

Mittelwert (MW):

Der höchste Wert, den die Trockenperiode aufweist, liegt auf der negativen Seite der Ordinate. Alle anderen Werte sind positiv. Von den zwei Feuchtephasen tritt die mit der stark wechselnden Feuchte stärker hervor, während die klimareizfreie Phase den niedrigsten Wert zeigt.

153 = GROSSZEHE DES LINKEN FUSSES (KONSENSUELL):
s. Seite 62

Versuchsperson 1 (VP₁):

Die Trockenperiode hat einen negativen Tagesresiduenwert und liegt am höchsten. Es folgt die Phase der klimareizfreien Tage. Die zwei Feuchtephasen weisen niedrige positive Tagesresiduenwerte auf.

Versuchsperson 2 (VP₂):

Alle Klimaperioden liegen auf der positiven Skala im Gegensatz zur entsprechenden Person der Meßgröße 152. Die Feuchtephase hat zum ersten Mal in allen Meßgrößen der gleichen Versuchsperson den höchsten Tagesresiduenwert. Es folgen die klimareizfreie Phase und zum Schluß die Trockenperiode.

Versuchsperson 3 (VP₃):

Die dritte Versuchsperson hat Tagesresiduenwerte sowohl auf der positiven (erste Klimaperiode) als auch auf der negativen Skala (Trocken- und Feuchtephase). Den höchsten absoluten Tagesresiduenwert zeigt die Trockenperiode. Es folgt die klimareizfreie Phase und die Phase der stark wechselnden Feuchte liegt mit ihrem Wert auf der 0-Linie.

Mittelwert (MW):

Wie bei allen Meßgrößen ist auch hier die Trockenperiode mit negativem Tagesresiduenwert auffallend tief. Während die Trockenperiode den höchsten Wert aufweist, sind beide Feuchtephasen am niedrigsten.

Vergleich der Meßgrößen 151 und 153 miteinander:

- VP₁:** Die Meßgröße 151 hat in allen Klimaperioden einen positiven Einschlag, während die Meßgröße 153 positive und negative Werte zeigt. Bei 151 hat die Phase der wechselnden Feuchte den höchsten Wert, bei der 153 dagegen überwiegt die Trockenperiode.
- VP₂:** Bei 153 ergeben sich aus allen Klimaperioden positive Histogramme, bei 151 dagegen treten auch negative Histogramme auf. Den höchsten Wert bei 151 hat die Trockenperiode und bei 153 die Feuchtephase.
- VP₃:** Die Meßgröße 151 hat nur negative Histogramme, die Meßgröße 153 dagegen zeigt auch positive. Während bei beiden Meßgrößen der höchste Wert in der Trockenperiode zu sehen ist, unterscheiden sie sich in der Reihenfolge der Klimaphasen.
- MW:** Bei 151 hat die Trockenperiode das höchste Histogramm und bei der Meßgröße 153 nimmt die Trockenperiode den ersten Platz ein.

ABWEICHUNGEN DER MITTLEREN RESIDUEN AN DEN VERSCHIEDENEN MESSTELLEN FÜR DIE VERSUCHSPERSONEN 1–3 UND IHRER DURCHSCHNITTSWERTE NACH DEN KLIMAPERIODEN.

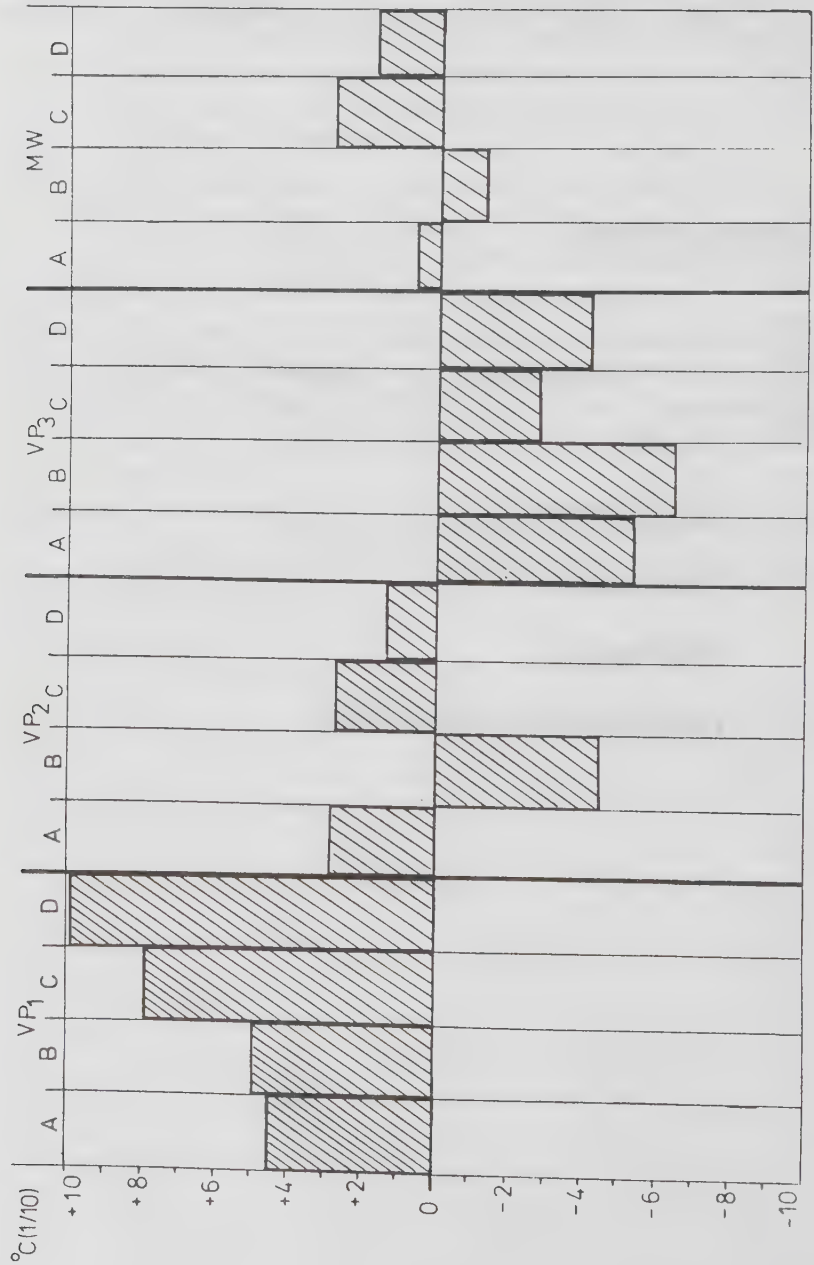
ZEICHENERKLÄRUNG:

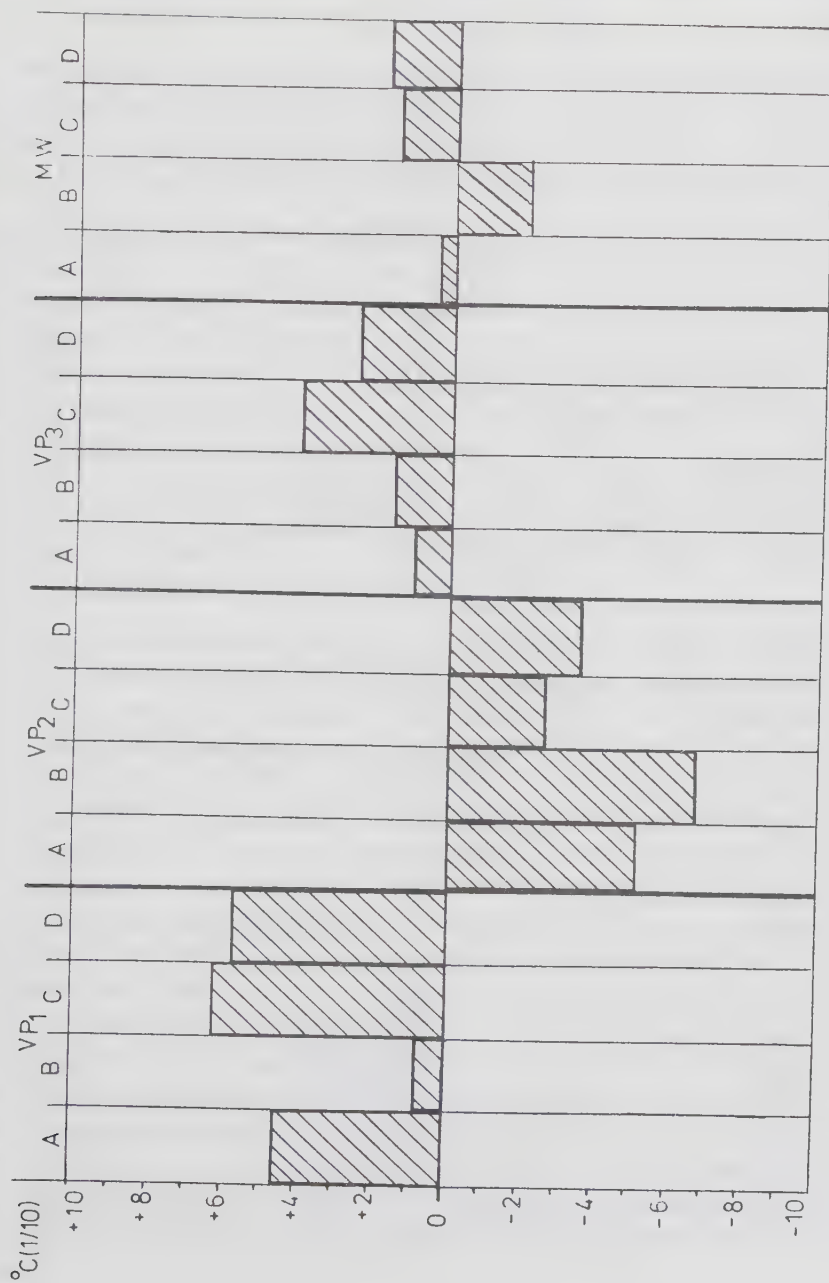


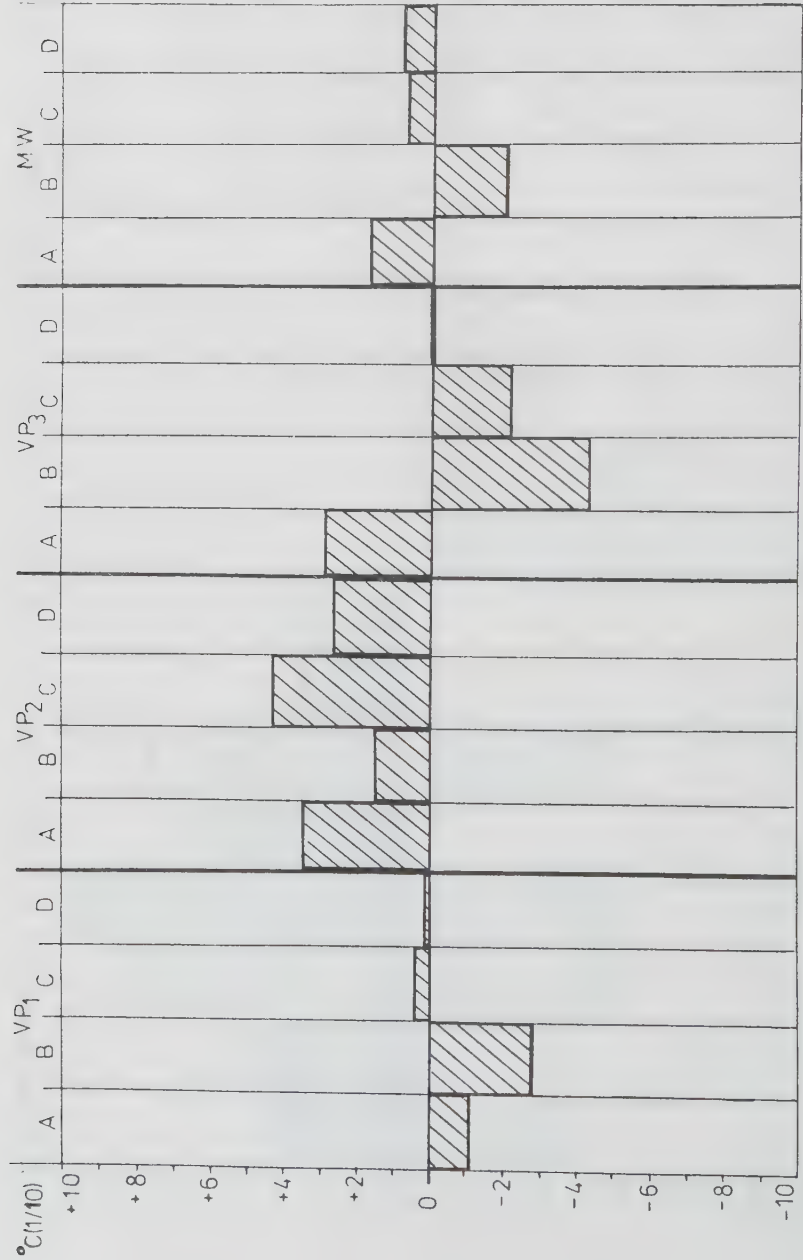
RESIDUEN

- A = Kein Klimareiz
- B = Trockenperiode
- C = Feuchtephase
- D = Phase stark wechselnder Feuchte

Großzehe des rechten Fußes = 151







V. DISKUSSION

In der vorliegenden Arbeit beschäftigen wir uns mit der Beeinflussung der Temperatur an drei Stellen der Akren und zwar an der rechten und linken Großzehe und am rechten Fußrücken — vor und nach dem Fußbad — durch die Klimaperiodik während eines Klimakammerversuchs.

Unsere Aufgabe wird nun darin liegen, die Temperaturschwankungen zu analysieren, sie in Abhängigkeit von der Feuchtigkeit zu betrachten und Schlüsse daraus zu ziehen.

Es erhebt sich verständlicherweise die Frage, warum wir zu diesem Versuch die Akren und nicht andere Körperpartien ausgewählt haben. Hierzu sei gesagt, daß die Extremitäten für die Wärmeregulation des Körpers besonders gut geeignet sind, einerseits auf Grund der großen Variationsbreite ihrer Durchblutung, wobei sie durch Änderungen der Hautdurchblutung zu einer Steigerung der Wärmeabgabe führen können (Koslowski, Krause, 38) und andererseits wegen der sehr großen Oberfläche im Verhältnis zum Volumen.

Bevor wir aber auf die Ergebnisse unserer Arbeit eingehen, sollte einiges über die Körpertemperatur und den Wärmetransport erwähnt werden.

Die Körpertemperatur beträgt im Durchschnitt 37°C . Durch periodische Tagesschwankungen sinkt die Temperatur während des Schlafes und am Morgen auf $36,4^{\circ}\text{C}$ ab und am Nachmittag steigt sie bis zu $37,3^{\circ}\text{C}$ hinauf. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, den Körperkern, die Stelle mit dem höchsten Temperaturwert, von der Körperschale zu unterscheiden. Zwischen beiden besteht ein Temperaturgefälle, das ca. $3\text{--}4^{\circ}\text{C}$ beträgt und als radiales Temperaturgefälle bezeichnet wird. Im Gegensatz dazu haben wir auch ein axiales Temperaturgefälle, das sich von den proximalen zu den distalen Regionen erstreckt. Die Körperschale unterliegt häufiger den Einflüssen wechselnder Außentemperatur. Die Hauttemperatur liegt desto tiefer, je niedriger die Umgebungstemperatur ist und je weiter die Oberflächenstelle vom Kern entfernt ist. Aus diesen Gründen sinken die Hauttemperaturen zu den Extremitäten hin ab. Nach Aschoff (1) liegen die Fußtemperaturen bei niedrigen Raumtemperaturen am tiefsten. Mit steigender Raumtemperatur gleichen sich die Oberflächentemperaturen aller Hautstellen (Axilla, Stirn,

Fuß u.a.) zunehmend einander an und nähern sich der Kerntemperatur, die sie bei 40° C überschreiten.

Homoiotherme Organismen besitzen die Fähigkeit, ihre Körpertemperatur konstant zu halten. Das erreichen sie unter anderem durch den Wärmetransport innerhalb des Körpers und die Wärmeabgabe an die Umgebung. Der Wärmetransport kann in beide Richtungen, sowohl von innen nach außen als auch umgekehrt, erfolgen. Die im Körperinneren gebildete Wärme gelangt teils durch *L e i t u n g* im Gewebe, teils durch *K o n v e k t i o n* mit dem Blut an die Hautoberfläche. In der blutgefäßlosen Epidermis wird die Wärme ausschließlich durch Leitung transportiert. Der konvektive Wärmetransport des Blutes ist wesentlich wirkungsvoller als der, der durch Leitung erfolgt, auf Grund der schlechten Wärmeleitfähigkeit des Körpergewebes. Die Wärmeabgabe kommt durch den Wärmetransport von der Körperoberfläche an die Umgebung zustande. Dies wird durch

- 1) Leitung
- 2) Konvektion
- 3) Strahlung
- 4) Verdunstung

erreicht. Die Verdunstung und die Strahlung kann nur beim Wärmetransport in der Luft und nicht im Wasser wirksam werden.

zu 1, 2) Unter normalen Bedingungen, d.h. Windstille, haftet eine ruhende Luftschicht auf der Hautoberfläche. Dort kann so kein konvektiver Wärmetransport stattfinden. Diese Grenzschicht nimmt bei hohen Windgeschwindigkeiten stark ab. Dies gilt speziell bei nackten Personen, wogegen Bekleidete eine dicke ruhende Schicht auf der Haut behalten können. Die Wärmeleitung ist wiederum von den Wärmeleitzahlen abhängig, die bei Wasser 1,4 und bei Luft $0,056 \text{ cal} \times \text{cm}^{-1} \times \text{s}^{-1} \times \text{grad}^{-1}$ betragen.

zu 3) Der Wärmestrom bei Leitung und Konvektion ist bei Lufttemperaturen unter 36° C immer oberflächenwärts gerichtet. Nur bei über 36° C erfolgt der Wärmestrom auch körperwärts. Im Gegensatz dazu kann die Strahlungswärme auch bei kalter Lufttemperatur körperwärts gerichtet sein. Der Wärmeaustausch durch Strahlung kann auch im Vakuum erfolgen und ist elektromagnetischer Natur.

zu 4) Die Wärmeabgabe durch Verdunstung kann folgendermaßen erreicht werden: Einerseits als Perspiratio insensibilis, das ist die Wasserverdunstung an der Hautoberfläche ohne Mitwirkung der Schweißdrüsen – nur durch Diffusion durch die obersten Hautschichten – und andererseits als Perspiratio sensibilis mit Hilfe der Schweißdrüsen. Hierzu ist zu erwähnen, daß es immer noch umstritten ist, ob nicht auch ein sekretorischer Anteil an der Perspiratio insensibilis beteiligt ist. Im allgemeinen kann man sagen, daß solange die mittlere Hauttemperatur $34,8^{\circ}\text{C}$ nicht überschreitet, die gesamte Wasserverdunstung der Haut durch die Perspiratio insensibilis vor sich geht.

Wenn wir nun die Wärmetransportmechanismen auf unseren Versuch übertragen, kann einiges verständlicher ausgedrückt werden. Was nun den inneren Wärmetransport betrifft, erfolgt dieser bei Lufttemperaturen unterhalb 36°C oberflächenwärts. Der äußere Wärmestrom dagegen setzt sich, in den Phasen vor dem Eintauchen und nach dem Austauchen der Extremität aus dem Fußbad, aus der Perspiratio insensibilis und der Leitung zusammen. Der konvektive Wärmetransport spielt wohl in den zwei obengenannten Phasen eine untergeordnete, aber nicht ganz vernachlässigbare Rolle. Die Füße aller drei Versuchspersonen waren zwar während der Meßzeit nackt, aber auf Grund der Windstille mit einer dicken Ruheluftschicht behaftet. In der restlichen Zeit während der Versuchsdauer trugen die Versuchspersonen dünne Socken und Sandalen. In der Phase des Fußbades wird der Wärmetransport im Wasser zum größten Teil durch Konvektion, nur ein geringer Teil durch Leitung übertragen (Drexel, 12).

Das Verhalten der Extremitätentemperaturen fand bisher schon wissenschaftliches Interesse. Aschoff (1) fand, daß die Extremitätentemperaturen bis zum Abend sinken und die Kerntemperaturen und mit ihnen die des Kopfes dagegen ansteigen. Hildebrandt (33) hat festgestellt, daß ein tagesperiodischer Rechts-Links-Wechsel der Hauttemperaturasymmetrie besteht, der in der typischen Form an den Akren ausgeprägt ist. Der Vormittagsperiode ist eine Tendenz zum Rechtsüberwiegen, der Nachmittagsperiode zum Linksüberwiegen zugeordnet.

Unser Test innerhalb des Klimakammerversuches ist ein Abkühlungsversuch. Durch das Eintauchen des rechten Fußes in ein Wasserbad von 15°C sinken die Oberflächentemperaturen des rechten Fußes und der

konsensuellen linken Großzehe, die vor dem kalten Reiz $21\text{--}23^{\circ}\text{C}$ betrugen, ab. Diesen Temperaturabfall versucht die Haut reaktiv so zu beantworten, daß eine möglichst geringe Erhöhung der Wärmeabgabe erfolgt. Es tritt eine reaktive Vasokonstriktion ein, um den radialen Wärmetransport bremsen zu können. Gleichzeitig wird aber durch diese Vasokonstriktion indirekt der axiale Wärmetransport vermindert. Das Ausmaß des axialen Temperaturgefälles hängt von zwei Faktoren ab:

- a) Vom inneren Wärmeaustausch zwischen dem zuführenden warmen arteriellen und dem abführenden kalten venösen Blut. Die Temperatur des venösen Blutes kann mehrere Grad unter der Oberflächentemperatur liegen und gemeinsam mit den Venae comitantes eine Abkühlung auf die parallel verlaufenden Arterien hervorrufen. Diese Abkühlung könnten wir entweder durch Isolationsmittel oder durch eine aus eigener Muskelarbeit gewonnene Wärme vermeiden. In unserem Versuch haben zwar die Versuchspersonen tagsüber Socken (Isolation) getragen, während des Bades und in der Wiedererwärmungsphase jedoch waren die Füße nackt und wurden ruhig gehalten (keine Muskelarbeit).
- b) Von den äußeren Wärmeverlusten an die Umgebung, d.h. zuerst das Wasser und anschließend die Raumluft. Im Wasser erfolgt der Wärmeübergang, wie bereits erwähnt, durch Leitung und Konvektion. Obwohl zwischen Wasser und Hautoberfläche eine Temperaturdifferenz von nur $6\text{--}8^{\circ}\text{C}$ besteht, sind die Wärmemengen, die verlorengehen, relativ groß. Das resultiert aus der Tatsache, daß die Wärmeübergangszahlen im Wasser über das 200-fache mehr betragen als in der Luft.

Brück und Hensel (5) konnten an Hand eines Klimakammerversuches feststellen, daß bei 20°C Raumtemperatur die Innentemperatur der Hand (gemessen durch Thermoadeln in 4–5 cm Tiefe entlang des M. adductor pollicis im Handteller) durch das Eintauchen in ein Wasserbad von 16°C für die Dauer von 30 min. bis um 15°C unter die Rektaltemperatur abfallen kann. Es ist leicht verständlich, daß der Wärmestrom während des Fußbades auf Grund des Temperaturgradienten oberflächenwärts gerichtet ist. Anders dagegen verhält sich der Fuß im Anschluß an das Bad, in der sog. Wiedererwärmungsphase. Da die Raumtemperatur mit $21\text{--}23^{\circ}\text{C}$ höher als die Hauttemperatur ist,

richtet sich das Temperaturgefälle nunmehr von außen nach innen. Dadurch nimmt der Körper Wärme aus der Umgebung auf. Die Wiedererwärmungsgeschwindigkeit hängt unter anderem von der Kapillarnetzdicke und der unterschiedlichen Gewebsschichtendichte ab. Viel wichtiger jedoch ist die Reaktion des Vasomotorentonus. Durch eine über Reflexe erreichte Reaktion tritt eine Vasodilatation, die den Beginn der Wiedererwärmung der Großzehen und des Fußrückens zur Folge hat, ein.

In der Wiedererwärmungsphase soll auch die Verdunstung mitberücksichtigt werden. Die Perspiratio sensibilis steht nicht zur Debatte, da wir es mit Raumtemperaturen bis zu 23° C zu tun haben. Die Perspiratio insensibilis besteht aus zwei Anteilen, dem normalen und dem künstlichen. Diese künstliche Perspiratio insensibilis kommt dadurch zustande, daß das in den Poren der Epidermis und insbesondere im Stratum corneum disjunktum während des Fußbades lieengebliebene Wasser verdunstet. Sie erschwert zusätzlich den distalen Akren die Erlangung der ursprünglichen Temperaturwerte. Durch die normale Perspiratio insensibilis verliert der Körper in der Minute ca. 1 μ l Wasser/cm² Haut. Im mittleren Temperaturbereich, bei kleinen Windgeschwindigkeiten und rund 50 % relativer Feuchte der Luft, beträgt der durch Verdunsten an der Haut ermittelte Anteil der gesamten Wärmeabgabe ca. 20 %. Die Verdunstungswärmeverluste werden mit steigendem Wasserdampfdruck der Luft kleiner. Das ist ersichtlich aus der vereinfachten Gleichung der Verdunstungswärmeabgabe:

$$Q_v = b(e_o - e_l)$$

wobei b = Wasserdurchgangszahl
 e_o = Dampfdruck der Oberfläche und
 e_l = Dampfdruck der Luft

bedeutet.

Nach Brück und Hensel (5) kann man den abgegebenen Wärmestrom pro Flächeneinheit grob unter bestimmten Gegebenheiten abschätzen. Wenn wir, wie Aschoff (1) am Beispiel der Hand dies errechnet hat, den Fuß als einen Zylinder auffassen, gilt im stationären Zustand für den radialen Wärmetransport nach außen folgende Gleichung:

$$Q = \frac{4\lambda(\vartheta_1 - \vartheta_2)}{2r}$$

wobei Q = abgegebener Wärmestrom pro Flächeneinheit,
 $\vartheta_1 - \vartheta_2$ = Temperaturdifferenz zwischen Achse und Oberfläche des Zylinders,
 λ = Wärmeleitzahl
 r = Radius des Zylinders

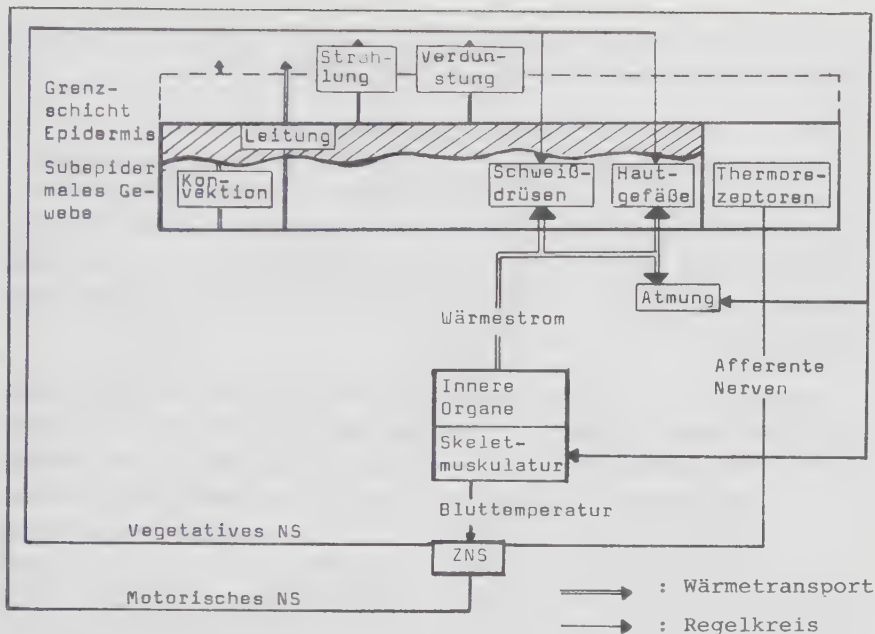
bedeutet.

Während unseres Klimakammerversuches bestand eine Temperaturdifferenz, vor dem Eintauchen des rechten Fußes in das Wasserbad, vom Körperinneren zur Hautoberfläche von $37^\circ - 27^\circ = 10^\circ \text{ C}$, λ lag für undurchblutetes Gewebe bei ca. $0,0008 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{grad}^{-1}$ und für durchblutetes Gewebe bei ca. 0,004, der Mittelwert des Radius des Fußes betrug 3,66 cm. Daraus können wir eine Wärmeabgabe pro Flächeneinheit des undurchbluteten Fußes von **0,0044** $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ und des durchbluteten von **0,022** ausrechnen.

Die Leitzahl für das durchblutete Gewebe heißt auch Scheinleitzahl und beträgt nach Büttner (8) das 5fache der normalen Leitzahl. Dieses Verhältnis 5:1 drückt auch die Wärmeabgaben an den Füßen aus.

Nach Aschoff (1) beträgt der Gesamtenergieumsatz an einem 70 kg schweren Menschen ca. 72 kcal/Std. Diesen Wert können wir auch für unsere Vergleiche übernehmen.

Die oben berechneten Wärmemengen pro Flächeneinheit sind Wärmestromdichten (q). Die Wärmebilanz kann man bilden, wenn die jeweiligen Wärmestromdichten mit der Gesamtfläche des Fußes und der zeitlichen Dauer des Wärmetransports berücksichtigt werden. Die Fläche jedes Fußes beträgt ca. 515 cm^2 . Uns interessiert der Wärmeverlust beim 15° C Wasserbad im Vergleich zur Bilanz während einer gleich langen Zeit vor und nach dem Bad. Das Wasserbad war von 1 Minute Dauer und als vergleichende Zeit, vor und nach dem Bad, nehmen wir jeweils 4 Minuten (= 240 sec.). Die Temperaturdifferenz betrug für die Zeit vor dem Eintauchen $37^\circ - 27^\circ = 10^\circ \text{ C}$, während des Bades für den eingetauchten Fuß $37^\circ - 15^\circ = 22^\circ \text{ C}$ und für den linken $37^\circ - 21^\circ = 16^\circ \text{ C}$ und zuletzt für die Zeit nach dem Austauchen für den rechten Fuß $37^\circ - 19^\circ = 18^\circ \text{ C}$ und den linken $37^\circ - 21^\circ = 16^\circ \text{ C}$.



Wärmetransport und Temperaturregelung der Homoiothermen nach H. Hensel (modifiziert).

Aus den obigen Werten sind nun leicht die entsprechenden Wärmemengen für die drei zeitlichen Phasen zu bilden. An Hand der Formel auf Seite 68 lassen sich die Wärmemenge für das blutreiche und die für das blutleere Gewebe errechnen. Ihr Mittelwert soll als Vergleichsmaß dienen. Die Wärmemenge in der ersten Phase (vor dem Bad) für jeden Fuß beträgt **1.631,5 cal**. Im Wasserbad beträgt die Wärme, die abgegeben wird, für den eingetauchten Fuß **889,9 cal** und für den linken Fuß **645,8 cal**. In der letzten Phase ist die Wärmemenge am rechten Fuß mit **2.910,7 cal** höher als am linken, wo sie **2.583,2 cal** erreichte.

Wenn nun der Gesamtenergieumsatz in Minuten umgerechnet wird, dann weist der für eine Minute einen Wert von **1.200 cal** und für vier Minuten **4.800 cal** auf. Vergleichen wir die jeweils abgegebenen Wärmemengen mit dem Gesamtenergieumsatz in einem bestimmten Zeit-

raum, dann läßt sich erneut der sehr große Anteil der distalen Akren am Gesamtenergieumsatz des Körpers bestätigen.

Aschoff (1) nimmt an, daß der Verdunstungswärmeverlust durch die Perspiratio insensibilis unabhängig von der Luftfeuchte ist. Nach seinen Überlegungen nimmt die Wasserdurchgangszahl durch die Haut mit zunehmender Trockenheit der Luft ab, und umgekehrt. Im Gegensatz dazu hat Heberlein (23) gefunden, daß ein Absinken der unmerklichen Hautwasserabgabe um 10–20 % bei Dampfdruckerhöhung der Umgebungsluft von 5 auf 10 mmHg erfolgt.

Bei der Auswertung unseres Klimakammerversuchs haben wir die Klimaperioden im Raum so eingeteilt, daß wir eine Feuchtephase, eine Trockenperiode, eine Phase mit stark wechselnder Feuchte und zum Schluß die Phase mit keinem eindeutigen Klimareiz erhalten. Die relative Feuchte schwankt zwischen 30,5 und 83,5 %, wobei die Raumtemperatur konstant blieb. Die sensorische Temperaturwahrnehmung nimmt ebenfalls einen wichtigen Rang ein neben der Änderung der Oberflächentemperatur, in den Beziehungen zwischen Organismus und Umwelt ein. Nach Grosse-Brockhoff (21) gibt es eine Indifferenztemperatur, wo keine Veränderungen der Wärmeproduktion und -abgabe bestehen. Diese Lufttemperatur, die behaglich empfunden wird, liegt bei nackten Personen zwischen 28° und 30° C, bei normal Bekleideten dagegen zwischen 20° und 24° C. Aus eigener Erfahrung können wir behaupten, daß die Lufttemperatur in Abhängigkeit von der Luftfeuchte eine große Rolle in unserem täglichen Leben spielt. Dabei ist z.B. das Behaglichkeitsempfinden einer Temperatur von 20° C bei 100 % rel. Feuchte dasselbe wie bei einer Temperatur von 25° C und 35 % rel. Feuchte. Daraus ergibt sich, daß Personen an trockenen Tagen höhere Temperaturen leichter vertragen als an feuchten Tagen. Während unseres Versuches schwankte der Luftdampfdruck stark, was sicherlich zu angenehmen und unangenehmen Empfindungsreaktionen geführt haben mag. Das fällt besonders bei der Phase der stark wechselnden Feuchte auf, wobei kurzfristige und längerdauernde Rhythmusabweichungen auftreten. Dies ist bereits in der Arbeit von Paeschke (39) bestätigt worden. Als Ursache für solche Änderungen der Körpertemperaturen diskutiert man (Wagner, 46) entweder eine zentral bedingte Sollwertverstellung oder andererseits eine physikalisch bedingte Istwertverschie-

bung. Ein übersichtliches Schema, das in Kombination mit dem Wärmetransport die Temperaturregulation am besten interpretiert, ist jenes nach H. Hensel (s. Seite 69), welches wir etwas modifiziert wiedergeben.

Von wichtiger Bedeutung in diesem Versuch ist die konsensuelle Reaktion. Während nur der rechte Fuß in das Wasserbad eingetaucht war, registrierte man im Laufe der ganzen Tauch- und Wiedererwärmungsphase die Reaktion der linken Großzehe auf den kalten Reiz. Nach Aschoff (1) ist die konsensuelle Reaktion der Blutgefäße auf kalte Reize etwas schwächer als auf warme. Hierzu ist zu erwähnen, daß am linken Fuß während der Wiedererwärmungsphase der Wärmetransport nach außen nicht über die gleichen Wege wie bei der eingetauchten Extremität erfolgt. Dadurch treten gewisse Verhaltensabweichungen in Erscheinung, auf die wir bei der Diskussion jedes einzelnen Befundes näher eingehen werden.

Bevor der spezielle Diskussionsteil beginnt, soll ein für uns wichtiges Ergebnis derer, die an diesem Versuch mitgewirkt haben, erwähnt werden. Kölsch (37) hat auf a) einen unmittelbaren positiven Luftfeuchteinfluß bei der Wiedererwärmung und Wiedererwärmungsgeschwindigkeit der Füße und b) ein statistisch gesichertes Zusammengehen der akralen Temperaturen am Fuß mit der Luftfeuchte hinweisen können. Gerade letzteres konnte auch der Klimakammerversuchskamerad Paeschke (39) bestätigen. Er fand, daß die Extremitätentemperaturen bei allen Versuchspersonen bei erhöhter Raumfeuchte zum Anstieg neigten.

1. Diskussion über die absoluten Temperaturwerte vor und nach dem Bad

Das große Ausmaß der Temperaturveränderungen an den unteren Extremitäten liegt unter anderem daran, daß die untere Extremität ausgeprägtere vasomotorische Reaktionen als die obere aufweist (Sheard, Roth, Horton, 42). Grund für die getrennte Beurteilung der betrachteten Temperaturwerte nach Maxima und Minima ist ihr unterschiedliches Temperaturverhalten, d.h. die Minima liegen im Bereich der be-

stehenden Raumtemperatur und unterscheiden sich wenig voneinander, während die Maxima deutlich über der Umgebungstemperatur liegen und individuell stark streuen (Paeschke, 39).

Während bei den Temperaturwerten vor dem Bad immer die Temperaturmittelwerte von ca. vier Meßwerten in Betracht gezogen wurden, galt bei den entsprechenden Temperaturwerten nach dem Bad ein anderes Auswahlkriterium. Hier wurden die Temperaturen nach dem Austauschen des Fußes 9 Minuten lang gemessen und registriert. Daraus haben wir den Wert in der 7. Minute als Vergleichswert ausgewählt, da er auf Grund der Registrierungen des Zwölfachpunkteschreibers am besten den Temperaturverlauf in der Wiedererwärmungsphase ausdrückte.

1.1. Diskussion über die Beziehungen des Tagesrhythmus zu den Klimaänderungen (Kurven auf Seite 34–39)

Die maximalen Temperaturwerte der Ausgangs- und Wiedererwärmungsphase liegen bei drei aus den vier von uns eingeteilten Klimaperioden und zwar in der klimareizfreien Phase, der Trockenperiode und der Phase der stark wechselnden Feuchte in den abendlichen Stunden zwischen 18.30–20.00 Uhr. Die Maxima der Feuchtephase dagegen sind zeitlich etwas vorgerückt und liegen in der Zeit zwischen 15.30–17.00 Uhr, jedoch wiederum in der zweiten Tageshälfte. Diese Befunde sind besonders hervorzuheben, da ein gleichartiges Verhalten sowohl bei der rechten Großzehe und dem Fußrücken, als auch bei ihrer konsensuellen Großzehenreaktion feststellbar ist. Großzehe und Fußrücken reagieren, sowohl die maximale Durchblutungsvariation der Zehe 1:600 gegenüber dem Fußrücken 1:30 beträgt (Aschoff, 1), unabhängig von ihren anatomischen und physiologischen Merkmalen. Dazu können wir uns der Meinung von Paeschke (39) anschließen, der annahm, daß die tagsüber bestehende periphere Vasokonstriktion abends abnimmt und dadurch die höchsten Temperaturwerte zum Ausdruck kommen. Daß die Hautgefäße direkt vom vegetativen NS beeinflusst werden, können wir aus dem Diagramm (S. 70) entnehmen. Die Beeinflussung des vegetativen NS kommt wohl über Reflexe zustande. Die Frage nach dem auslösenden Reiz

kann nicht eindeutig beantwortet werden. Wir vermuten, daß exogene Faktoren, die den Tagesrhythmus beeinflussen und während des Versuchs in der Klimakammer nicht eliminiert werden konnten, den Tagesgang im Unterbewußtsein bestimmen. Der psychogene Faktor soll dabei auch berücksichtigt werden. Zu unseren Ergebnissen paßt auch der Befund von Hildebrandt-Crnjak (34), in dem der Abendgipfel der Großzehentemperaturen — nur der Ausgangswerte — deutlich höher über dem Mittagsgipfel lag.

Die minimalen Temperaturwerte zeigen ein gleichgerichtetes Verhalten. Sie liegen alle in der ersten Tageshälfte und zwar sind sie zwischen 10.00–11.30 Uhr am häufigsten anzutreffen. Dieses Verhalten scheint unabhängig von äußeren Einflüssen zu sein. Weder die trockene und feuchte Phase noch die Großzehen und der Fußrücken vermögen irgendwelche Abweichungen von der konstanten Lage der Minima zu bewirken. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, daß diese tagesrhythmischen Schwankungen bisher von mehreren Autoren beschrieben worden sind.

Hildebrandt (29) hat dies auf die morgendliche Wärmespeicherung zurückgeführt. Nach ihm wird die Wärmeabgabe an den Extremitäten in der Vormittagsphase durch Rückgang der Hautdurchblutung vermindert, während sie in der Nachmittagsphase wieder ansteigt. Im Gegensatz zu den Extremitäten steigt die Kerntemperatur vormittags an. Dieser sog. „Aufheizaffekt“ nach Ebbecke (13) hängt mit der Zunahme der Wärmeproduktion in der Vormittagsphase zusammen. Am Nachmittag des biologischen Tages schlägt er in den „Entwärmungsaffekt“ um. In dieser vormittäglichen Aufheizungsphase reagiert der Körper nach Hildebrandt (30, 33) leichter auf Kaltreize, die eine Verstärkung der Aufheizungstendenz fordern, nachmittags dagegen auf Warmreize, die die spontane Entwärmungsreaktion intensivieren.

1.2. Diskussion über das Verhalten der Tagestemperaturwerte an Hand der Histogramme (s. Seite 46–48)

Wir haben im Kapitel III dieser Arbeit die Tagestemperaturwerte gebildet. Die Tageswerte sind repräsentativ für jeden einzelnen

Tag, um Schlüsse aus dem Verhalten der verschiedenen thermophysiologischen Größen zu ziehen. Unter 1.1. haben wir die intra-diurnalen Temperaturen betrachtet. Unsere Aufgabe bestände nun darin, die jeweiligen Temperaturwerte interdiurnal in Abhängigkeit mit den bestehenden Klimaperioden besser zu analysieren.

1.2.1. Diskussion über die Beziehungen der Tagestemperaturwerte zu den Versuchspersonen und Meßgrößen

Bei den Histogrammen fällt uns auf, daß die Tagestemperaturwerte am rechten Fußrücken deutlich höher als die der rechten Großzehe und ihrer konsensuellen Reaktion am linken Fuß liegen. Paeschke (39) hat auch einen Temperaturunterschied von 2–7° C zwischen Fußrücken und Großzehe gefunden. Die Erklärung dafür liegt in der besseren Durchblutung des Fußrückens im Vergleich zu den Großzehen (s. 1.1.) und dem Oberflächen/Volumen-Verhältnis der Großzehe. Anatomisch gesehen ist das arteriovenöse Netz am proximalen Fußbereich wesentlich dichter als am distalen Ende. Man kann auch die Feststellung von Wever (47) dabei erwähnen, daß sich die Durchblutung auf äußere Reize zunächst distal und später proximal ändert.

Die 2. Versuchsperson weist im Vergleich zu den anderen beiden sowohl am Fußrücken als auch an der rechten Großzehe und ihrer konsensuellen linken Reaktion entsprechend niedrige Temperaturpegel auf. Dies gilt bei Ausgangs- und Wiedererwärmungstemperaturen. Wir nehmen an, daß die Ursache dabei im hormonalen Sektor zu finden ist, wenn die konstitutionsbedingten Veränderungen ausgeschlossen werden. Es kommt dann reflektorisch zu der akralen Vasokonstriktion. Solche individuellen Temperaturabweichungen, die meist psychischer Genese sind, kommen immer bei Versuchen mit lebenden Organismen als Versuchsobjekte vor und sollten nicht verallgemeinert werden.

Bei der konsensuellen linken Großzehe bestehen deutliche Verhaltensabweichungen von der rechten Großzehe. Bei der konsensuellen Reaktion sind die Temperaturunterschiede zwischen Ausgangs- und Wiedererwärmungstemperaturen gering. Während ihre Ausgangstemperaturen annähernd auf der gleichen Höhe mit den Werten der rechten Großzehe liegen, sind ihre Wiedererwärmungswerte hoch. Das erklärt sich dadurch, daß die linke Großzehe an der Abkühlung nicht beteiligt war. Wie wir im zweiten Teil der Diskussion berichten werden, neigen wir zu der Annahme, daß auf Grund der Umschaltung des konsensuellen Reflexes im Spinalganglion die Antwort auf den Reiz, in unserem Fall während der Wiedererwärmungsphase auf die warme Raumtemperatur, rasch eintritt. Diese Reizantwort ist die Vasodilatation der Hautgefäße.

Sicherlich sollte hier auch die Perspiratio insensibilis mit ihrem echten und künstlichen Anteil berücksichtigt werden. In welchem Zusammenhang sie mit dem reflektorischen Geschehen steht, ist uns nicht bekannt. In der Literatur konnte ein ähnlicher Zusammenhang nicht gefunden werden.

1.2.2. Diskussion über die Beziehungen der Tagestemperaturwerte zu der Klimaperiodik

Die Reaktion der konsensuellen Großzehe ist gleich für alle drei Versuchspersonen und scheint unabhängig von der Klimaperiodik zu sein. Ein besonderes Merkmal weisen die zwei Feuchtephasen auf. Sowohl bei der Feuchtephase als auch bei der Phase der stark wechselnden Feuchte sind die höchsten Ausgangs- und Wiedererwärmungswerte anzutreffen. Wir nehmen an, daß der Feuchteeinfluß eine gesteigerte Vasodilatation mit Mehrdurchblutung bewirkt. Es taucht ebenfalls die Frage auf, ob sich der Feuchteeinfluß auf die Wärmeabgabe erstreckt. Würden wir dies bejahen, sollten wir diesbezüglich als Folge eine Verminderung der Wärmeabgabe bei feuchten Tagen akzeptieren. Ein ähnliches Ergebnis ist unseres Wissens bisher nicht beschrieben worden.

Als letztes betrachten wir die Phase der klimareizfreien Tage. Diese Phase zeigt keinen ausgeprägten und aussagefähigen Zusammenhang zu irgendeiner Versuchsperson oder Meßgröße. Grund dafür sind die vielen exogenen und endogenen Faktoren, die das Reaktionsverhalten bestimmen. Andererseits zeigt sie damit die Variabilität der Reaktionsweisen jedes einzelnen Individuums im täglichen Leben an.

2. Diskussion über die Abweichungen der Temperaturwerte vom Regressionswert in der Wiedererwärmungsphase

In der Wiedererwärmungsphase kommen unterschiedliche Temperaturverläufe in bezug auf Versuchspersonen, Klimaeinflüsse und Tagesgang vor. Es ist daher leicht verständlich, daß nicht alle Meßpunkte nach dem Fußbad auf einer Linie liegen, mit anderen Worten, das gleiche Reaktionsverhalten zeigen. Daraus ergeben sich Abweichungen der Temperaturistwerte von den Temperaturregressionswerten. Solche Abweichungen bedeuten, daß die Wiedererwärmungsgeschwindigkeit entweder schneller oder langsamer — bis zur 7. Minute — als der überwiegende Teil der restlichen Meßpunkte ist. Heidelmann (26) hat bei einem Abkühlungsversuch die Wiedererwärmungszeit bestimmen lassen. Dabei hat er die Versuchspersonen, die schnelle Wiedererwärmungsgeschwindigkeiten zeigten, einem Arterioldilatationstyp und die mit langsamen Geschwindigkeiten einem Arteriolenkontraktionstyp zugeordnet. Diese Einteilung könnte auch hier praktiziert werden. Das unterschiedliche Verhalten der Temperaturwerte kann man an Hand eines Punktwolkendiagramms (s. Seite 25) am besten verfolgen. Die Regressionswerte liegen auf einer aus der Mehrzahl der Werte gebildeten Gerade, die in der mathematisch-statistischen Terminologie als Regressionsgerade bezeichnet wird. Der Winkel, den diese Gerade mit der Achse der Ausgangstemperatur bildet, drückt das Verhältnis der Wiedererwärmungs- zu den Ausgangstemperaturen aus. Dieses Verhältnis ist von großer Wichtigkeit, da es den Einfluß der Wärmeabgabe in Abhängigkeit von der Klimaperiodik auf die drei Meßstellen darlegt.

Nach Stüttgen (45) sind die Wiedererwärmungsgeschwindigkeiten der unteren Extremität erheblich schneller als die der Hände. Wir nehmen

an, daß dies mit der gespeicherten Wärmemenge und der ausgeprägten vasomotorischen Aktivität der unteren Extremität einhergeht. Klinisch läßt sich das auch mit der verminderten Erythemneigung der Füße auf physiologische und pharmakologische Reize bestätigen. Hildebrandt und Crijak (34) fanden, daß das in der abendlichen Entwärmungsphase liegende absolute Tagesmaximum der Wiedererwärmungswerte die Minima der Aufheizungsphasen um mehr als das Vierfache übertrifft. Ein vergleichbares Verhalten wird auch bei unserem Klimakammerversuch deutlich. Wenn die drei Meßgrößen mit ihren Tagesgängen (s. Seite 26 und 49) verglichen werden, stellen wir fest, daß die Wiedererwärmung der rechten Großzehe und des Fußrückens einerseits und der konsensuellen Großzehe andererseits in den abendlichen Stunden zwischen 18.30–20.00 Uhr, d.h. während der Entwärmungsphase, signifikant schneller als in den Aufheizungsphasen ist. Über ein ähnliches Ergebnis konnten wir im Diskussionsteil 1.1. berichten.

Ein anderes Merkmal, welches bei der Großzehe und dem Fußrücken des rechten Fußes zu beobachten ist, weist auf eine fortschreitende Abnahme der Wiedererwärmungswerte von 7.30–17.00 Uhr hin, während sie wieder von 18.30–20.00 Uhr ansteigen. Das besagt erneut, daß die Aufheizungsphase kälteempfindlicher als die Entwärmungsphase ist und dadurch einen erhöhten vasokonstriktorischen Tonus aufweist.

Vergleichen wir die Wiedererwärmungswerte der Großzehe und des Fußrückens, dann stellen wir wiederum fest, daß die Werte des Fußrückens höher als die der rechten Großzehe liegen. Dieses Verhalten haben wir bereits bei den maximalen Temperaturwerten unter 1.1. besprochen.

Anders jedoch verhält sich die konsensuelle Großzehe. Brown-Sequard (4) hat schon vor mehr als 100 Jahren dieses reflektorische Geschehen beschrieben. Die Auslösung der konsensuellen Reaktion durch Wärme und Kälte scheint in ihrem Mechanismus nicht einheitlich zu sein (Wiedemann, 49). Die konsensuelle Vasokonstriktion auf Kaltreize wird durch sensible Reflexe vermittelt. Gollwitzer-Meier (19) konnte 1950 feststellen, daß die afferente Reflexstrecke in der animalischen Schmerzfaser und das Reflexzentrum im Spinalganglion liegt, wo auch die Umschaltung auf die efferente sympathische Bahn des Reflexes erfolgt. Aus der Tabelle auf Seite 26 kann man entnehmen, daß die kon-

sensuelle Großzehe einen um ca. $\frac{1}{3}$ niedrigeren Regressionskoeffizienten im Vergleich zu der rechten Großzehe aufweist, was leicht auf den eben erklärten physiologischen Mechanismus zurückzuführen ist. In den abendlichen Stunden, in der Entwärmungsphase, übersteigt die Wiedererwärmungstemperatur selbst ihre eigene Ausgangstemperatur. Diese überschießende Vasodilatation liegt, außer der biologischen Tagesperiodik, wohl an der zentralnervösen Auslösung der konsensuellen Gefäßreaktion. Dieses reflektorische Verhalten ist von großer Bedeutung, wenn man dies zur Behandlung von peripheren Durchblutungsstörungen heranzieht. Ein therapeutischer Erfolg ist bereits beschrieben worden (Wiedemann, 49). In welcher Abhängigkeit dieses reflektorische Geschehen von der Klimaperiodik steht, kann hier auf Grund der Tabelle auf Seite 26 nicht eruiert werden, kommt aber noch zur Debatte.

2.1. Diskussion über die Abweichungen der Wiedererwärmungswerte an Hand der Tabellen auf Seite 54

Die Abweichungen der Wiedererwärmungstemperaturwerte können sowohl positiv als auch negativ sein, d.h. schnellere oder langsamere Wiedererwärmungsgeschwindigkeiten als ihre Regressionswerte zeigen. Bei der Auswertung sind alle fünf Temperaturmeßwerte jeden Tages bei den drei Versuchspersonen und den entsprechenden Meßstellen (rechter Fußrücken, rechte und linke Großzehe) mit der Klimaperiodik verglichen worden. Dieses abweichende Verhalten in bezug auf die signifikanten Veränderungen der Wiedererwärmungswerte muß näher erläutert werden.

Die 3. Versuchsperson zeigt sowohl bei der rechten Großzehe und dem Fußrücken und der linken konsensuellen Großzehe als auch während aller Klimaperioden keine signifikanten Abweichungen ihrer Wiedererwärmungswerte von den entsprechenden Sollwerten. Daraus ergibt sich, daß die 3. Versuchsperson, im Gegensatz zu den anderen, konsequent den biologischen Rhythmus befolgt. An allen Meßstellen weist sie das schemabezogene Temperaturverhalten (Seiten 25, 26) auf. Es scheint, als ob sich die 3. Versuchsperson den Änderungen der Raumfeuchtigkeit am besten anzupassen vermochte.

Die 1. und 2. Versuchsperson sind anscheinend so empfindlich auf äußere Klimareize, daß signifikante Veränderungen der Temperaturwerte von ihren Sollwerten häufiger innerhalb der Versuchszeit-spanne auftreten. Wir können annehmen, daß die zwei Versuchspersonen durch exogene Faktoren leicht aus ihrem physiologischen Rhythmus geraten. Die Vermutung, daß beide Versuchspersonen wegen erhöhter Körpertemperatur (Fieber) zu diesem Reaktionsverhalten neigen, ist nach Fox und McPherson (14) nicht statthaft. Diese Autoren fanden nämlich eine gleiche Reaktion zwischen Fieberkranken und Gesunden auf Erwärmung und Abkühlung.

Im einzelnen zeigt die 1. Versuchsperson an der Großzehe und Fußrücken des rechten Fußes sehr hohe Abweichungen der Werte bei Feuchte. Das gleiche gilt ebenfalls für die rechte Großzehe der 2. Versuchsperson. Diese sehr hohen Temperaturwerte unter Feuchteeinfluß bestätigen zum wiederholten Male das Einhergehen der Feuchte mit der Vasodilatation. In diesem Zusammenhang wollen wir auf die erhöhte Kollapsneigung insbesondere bei Kreislauf labilen in Räumen mit hoher relativer Feuchte hinweisen. Im Gegensatz zu dem rechten Fußrücken der 1. Versuchsperson weist der der 2. Person keine Abweichungen vom normalen Rhythmus auf. Den Befund von Kölsch (37), daß eine positive Abhängigkeit bei den Wiedererwärmungsgeschwindigkeiten der Großzehen von der Raumfeuchte besteht, können wir hier mit diesen Ergebnissen nicht bestätigen. Darüber hinaus fanden wir keinen positiven Einfluß der Feuchte auf die konsensuelle Großzehe. Das bedeutet mit anderen Worten, daß die Feuchte das normale innerhalb der Wiedererwärmungsphase geprägte Verhalten bei der reflektorischen Reaktion nicht zu ändern vermag.

Die 2. Versuchsperson zeigt unter dem Einfluß der Trockenperiode ebenfalls starke bis mittelstarke Abweichungen. Die rechte und linke (konsensuelle) Großzehe gehen mit sehr niedrigen Werten einher, während der rechte Fußrücken mäßig niedrige Wiedererwärmungstemperaturen aufweist. Solche negativen Abweichungen in der Wiedererwärmungsphase kommen dadurch zustande, daß es bei niedriger rel. Feuchte zu einem verzögerten Eintreten der Vasodilatation kommt, was zu einem verzögerten Wiedererwärmungs-

prozeß führt. Auf Grund unserer Ergebnisse haben wir die Vermutung, daß die Trockenperiode zu einer erhöhten Vasokonstriktion des distalen Fußes (Großzehen) und einer verminderten Vasokonstriktion des proximalen Fußes (Fußrücken) führt. Dies könnte allerdings auch ein Effekt der Verdunstungskälte in Abhängigkeit von Oberfläche zu Volumen sein.

Daß die 1. und 2. Versuchsperson am rechten Fußrücken und Großzehe in der Feuchte- und Trockenperiode die größten Abweichungen (hohe und niedrige) vom normalen klimaperiodischen Rhythmus zeigen, beweist erneut, wie sehr konstitutions- und vegetativbedingte Unterschiede in unserem Versuch ins Gewicht fallen.

Wenn wir die Reaktionstypen nach Heidelmann (26) auf unsere Versuchspersonen übertragen, dann können wir die 1. und 2. Versuchsperson in der Feuchtephase als Arterioldilatationstypen und in der Trockenperiode als Arteriolenkontraktionstypen bezeichnen. Die 3. Versuchsperson in allen Klimaperioden gehört dem Normaltyp an.

An dieser Stelle muß auch der Einfluß der Verdunstung auf die Wiedererwärmungstemperaturen erwähnt werden. Die Epidermis hat eine Barrierefunktion gegen zu starke Verdunstung der Körperflüssigkeit, infolge des geringen Wasserdampfdruckes in der Luft. Das Stratum corneum stellt diese Barriere dar (Heerd und Oppermann, 25). Nach unseren Überlegungen unterliegt diese Barriere den trockenen und feuchten Einflüssen der Klimaperiodik und auf diese Weise verdunstet mehr oder weniger Körperflüssigkeit bzw. Oberflächenwasser. Die Feuchte führt also zu verminderter Perspiratio insensibilis und dadurch zu höheren Wiedererwärmungstemperaturen, während die Trockenperiode durch die verstärkte Wärmeabgabe durch Verdunsten niedrige Temperaturen hervorbringt. Paeschke (39) fand starke Änderungen des üblichen Tagesganges der Hauttemperaturen bei starken Feuchteschwankungen. Durch unser modifiziertes Auswertungssystem können wir dies nicht bestätigen. Im Gegensatz dazu stellen wir ein normales, der Mehrzahl der Temperaturverläufe entsprechendes Verhalten fest. Zusätzlich besteht ein grundverschiedenes Reaktionsverhal-

ten zwischen beiden Feuchtephasen (Feuchtephase und Phase der stark wechselnden Feuchte).

Abschließend kommen wir auf die klimareizfreie Phase zu sprechen. Die drei Versuchspersonen und Meßgrößen zeigen kein einheitliches Bild. Dies stimmt mit allen bisher diskutierten Befunden überein und unterstreicht die Fähigkeit der Versuchspersonen, trotz äußerer Einflüsse ihr individuelles Reaktionsverhalten beizubehalten.

Ein Vergleich beider Großzehen in der Wiedererwärmungsphase ergibt keinen Zusammenhang zwischen der rechten Großzehe und ihrer konsensuellen Reaktion. Abweichungen im reflektorischen Reaktionsverhalten bezüglich der Temperaturwerte bestehen fast bei keiner Klimaperiode. Stempel und Tändler (44) beschrieben ein sogenanntes Habituationsverhalten bei der Blutdruckreaktion auf serielle Kältereize. Ob nun ein ähnliches Gewöhnungsverhalten auf wiederholte äußere Reize bei den Hauttemperaturen besteht, kann anhand unserer Ergebnisse nicht positiv beantwortet werden. Sicher aber ist, daß erste Schritte auf eine therapeutische Anwendung des reflektorischen Reaktionsverhaltens eingeleitet werden müssen.

2.2. Diskussion über die Abweichungen der Wiedererwärmungstageswerte an Hand der Histogramme auf Seite 60–62

Die bisherige Betrachtung der Wiedererwärmungstemperaturwerte erfolgte unter dem Aspekt der losen Beziehungen zueinander und zu den Klimaänderungen. Nun wäre es ebenfalls von Interesse, die entsprechenden Tageswerte als Vergleichsmaß für neue Beziehungen aufzunehmen. Beide Großzehen und der Fußrücken zeigen bei allen Versuchspersonen eine variable Wiedererwärmungsreaktion.

Die drei Versuchspersonen offenbaren ein ungleichsinniges Temperaturverhalten. Vergleichen wir die Abweichungen der Tageswerte mit den Abweichungen der einzelnen Wiedererwärmungswerte, so stellen wir keine Übereinstimmung fest. Das ist dadurch zu

erklären, daß durch die Bildung eines Tagesmittelwertes von den fünf vereinzelt Temperaturabweichungen neue Verhaltensweisen innerhalb der Versuchszeitspanne entstehen.

Die rechte Großzehe und der Fußrücken der 1. Versuchsperson weisen sehr hohe Abweichungen ihrer Wiedererwärmungswerte von ihren Tagessollwerten auf. Ähnlich reagieren auch der Fußrücken der 3. Versuchsperson und die konsensuelle Großzehe der 2. Versuchsperson. Dieser Trend erstreckt sich auf alle Klimaperioden und Meßgrößen. Daraus ist zu entnehmen, daß die 1. Versuchsperson am Fußrücken und der rechten Großzehe auf Grund ihres psychovegetativen Zustandes sehr hohe Wiedererwärmungswerte erreicht. Physiologische und anatomische Unterschiede spielen dabei mit. In welchem Zusammenhang sie mit dem Fußrücken der 3. Person und der konsensuellen Reaktion der 2. Person steht, kann nicht eindeutig beantwortet werden. Das wird teilweise durch eine passive, durch Wärmeleitung aus tiefen Schichten ablaufende Erwärmung der Hautoberfläche, erklärt.

Im Gegensatz dazu weist die 3. Versuchsperson an der rechten Großzehe und die 2. Person am Fußrücken sehr niedrige Tagesabweichungen auf. Diese niedrigen Wiedererwärmungsgeschwindigkeiten werden durch eine wegen veränderter vasomotorischer Reaktion gebremste Durchblutungssteigerung erklärt.

An dieser Stelle soll die Wiedererwärmungsgeschwindigkeit untersucht werden. Es wurde die Geschwindigkeit der 7. Minute gemessen. Dirnagl (9) findet nach 2–3 Minuten Geschwindigkeiten, die, auf eine aktive vasomotorische Reaktion, allerdings bei Messungen an der Hand, schließen lassen. Kölsch (37) bei seinem Klimakammerversuch hat die Wiedererwärmungswerte am Fuß nur bis zur 3. Minute gemessen. Dies ist zu kurz, da der Fuß einen längeren Zeitraum erfordert. In unserem Versuch können wir auf Grund des Verhaltens der Mehrzahl der gemessenen Werte auf eine aktive vasomotorische Reaktion in der 7. Minute hinweisen.

Der Einfluß des feuchten und trockenen Klimareizes auf die Tagesabweichungen bestätigt noch einmal die bereits besprochenen Befunde. Unter dem Einfluß der Feuchte kommt es auch hier zu

einer Vasodilatation der oberflächlichen Hautgefäße und dadurch zu sehr hohen Abweichungen. In den Trockenperioden führt eine einsetzende Vasokonstriktion zu den tiefsten Tagesabweichungen.

Es erhebt sich die Frage, wie die Perspiratio insensibilis zu den Schwankungen der Wiedererwärmungstemperaturtageswerte durch die rel. Feuchte steht. Es ist uns bekannt, daß sowohl die Hände als auch die Füße auf Grund der dicht stehenden Glandulae vorwiegend emotionell gesteuert werden. Pirllet (40) fand nach Kältereizen im Handrücken reflektorische Antworten in Form von verminderter Wasserdampfabgabe. Wir können dies an den Füßen verfolgen. Der Kältereiz kam durch das Wasserbad zustande. Die Folgen der Kältereizwirkung sind individuell verschieden. Bei einem Teil der Versuchspersonen kann sie länger anhalten, was sich durch starke negative Abweichungen bemerkbar macht. Obwohl während des Klimakammerversuchs die Raumtemperatur unterhalb 36° C lag, müssen wir dennoch mit der Tatsache der erhöhten Evaporation an den distalen Akren uns auseinandersetzen. Da die Schweißdrüsen direkt über das vegetative NS gesteuert werden, kann es gerade an den Füßen viel leichter zu einer teilweisen Wärmeabgabe mit Hilfe der Schweißdrüsen kommen. Sollte diese Annahme bestätigt werden, sind uns einige Verhaltensweisen der Wiedererwärmungstemperaturen verständlicher.

Die konsensuelle Reaktion zeigt kein analoges Verhalten zu der rechten Großzehe. Ihre Abweichungen sind im Schnitt die kleinsten. Das bestätigt erneut die Befunde unter 2.1. Man nimmt an, daß die reflektorische Reaktion ihren normalen biologischen Rhythmus unabhängig von klimaperiodischen Schwankungen beibehält.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

1. Während eines 30tägigen Versuches in einer Klimakammer werden drei männliche Versuchspersonen bei einer Raumtemperatur von ca. 21–23° C und einer variierten Raumfeuchte zwischen 6 und 16 Torr Dampfdruck ausgesetzt.
2. Je nach Raumfeuchte haben wir die Klimaphasen in eine klimareizfreie Phase, eine Trockenperiode, eine Feuchtephase und eine Phase mit stark wechselnder Feuchte eingeteilt.
3. An drei Meßstellen der Füße wurden die Hauttemperaturen registriert. Es waren dies die Großzehe, der Fußrücken des rechten Fußes und die konsensuelle linke Großzehe.
4. Zunächst sind die Maxima und Minima jedes einzelnen Tages bei den Ausgangstemperaturen und Wiedererwärmungswerten in der 7. Minute (nach dem Austauschen aus dem Fußbad) gebildet worden. Diese, wie auch die Tagestemperaturen, wurden in Abhängigkeit von der Klimaperiodik untersucht.
5. Die Abweichungen der Temperaturwerte von ihrem Regressionswert, genannt Residuen, wurden an Hand eines Computerprogramms errechnet. Ihr Verhalten in den vier Klimaperioden wurde geprüft.
6. Die Maxima bei den Temperaturwerten vor und nach dem Fußbad aller drei Meßgrößen liegen während der klimareizfreien Phase, der Trockenperiode und der Phase mit der stark wechselnden Feuchte in den abendlichen Stunden, während der Feuchtephase dagegen am späten Nachmittag.
7. Die Minima aller Temperaturwerte der drei Meßgrößen befinden sich in allen vier Klimaperioden in den Vormittagsstunden.
8. Die Hauttemperaturen vor und nach dem Bad lagen am Fußrücken höher als bei den anderen zwei Großzehen.
9. Während der Feuchtephase und der Phase mit der stark wechselnden Feuchte weisen alle Meßgrößen die höchsten Temperaturwerte auf, während sie bei der Trockenperiode am niedrigsten sind.

10. Die Phase der klimareizfreien Tage, die als Eingewöhnungstage gedacht waren, zeigt keine signifikante Beziehung zu der Klimaperiodik.
11. Die konsensuelle Reaktion an der linken Großzehe trägt bei den Wiedererwärmungstemperaturen Zeichen für einen Raumfeuchteinfluß.
12. Die statistisch ermittelten Regressionskoeffizienten unterliegen bei allen Meßgrößen dem Tagesrhythmus. Daraus ergibt sich, daß die Wiedererwärmungstemperaturen in der Entwärmungsphase (abends) signifikant höher als in den Aufheizungsphasen (vormittags) liegen.
13. Die Wiedererwärmungstemperaturen der konsensuellen linken Großzehe weisen eine überschießende Reaktion auf.
14. Die Residuen in der Wiedererwärmungsphase sind bei der 1. und 2. Versuchsperson am deutlichsten vorhanden. Die 3. Person scheint den von den Regressionskoeffizienten ermittelten Tagesrhythmus konsequent zu befolgen. Nach der Lage der Wiedererwärmungstemperaturen wurden die drei Versuchspersonen in zwei Reaktionstypen eingeteilt. Die 1. und 2. Versuchsperson gehört dem Arteriolenkontraktionstyp in der Trockenperiode und dem Arterioldilatationstyp in der Feuchtephase an, während die 3. Person dem Normaltyp in beiden Klimaperioden entspricht.
15. Die Auswertungstabellen lieferten positive Hinweise für einen Luftfeuchteinfluß auf die Wärmeabgabe durch Verdunsten in der Wiedererwärmungsphase. Die Feuchte führt zu einer verminderten Perspiratio insensibilis und dadurch zu höheren Wiedererwärmungstemperaturen, während in der Trockenperiode durch die verstärkte Wärmeabgabe durch Verdunsten niedrige Temperaturen entstehen.
16. In unserem Versuch können wir auf Grund des Verhaltens der Mehrzahl der gemessenen Werte auf eine aktive vasomotorische Reaktion in der 7. Minute nach dem Fußbad hinweisen.

VII. LITERATURHINWEIS

1. ASCHOFF, J.: Temperaturregulation, in GAUER-KRAMER-JUNG, Physiologie des Menschen, Bd. 2, Urban & Schwarzenberg, München 1971
2. ASSMANN, D.: Die Wetterfähigkeit des Menschen, VEB Fischer, Jena 1963
3. BESTEHORN, H.P., HILDEBRANDT, G., STREMPER, H.: Tagesrhythmische Schwankungen der unspezifischen Reagibilität und adaptiven Kapazität beim Menschen. Zeitschrift f. phys. Medizin 1: 32–34 (1977)
4. BROWN-SEQUARD: Zitat nach GOLLWITZER-MEIER (1950) (siehe unter Nr. 19)
5. BRÜCK, K., HENSEL, H.: Wärmedurchgang und Innentemperatur der menschlichen Extremitäten. Pflügers Archiv 257: 70–87 (1953)
6. BÜHLMANN, A.A., FROESCH, E.P.: Pathophysiologie, Springer-Verlag, Berlin 1972
7. BÜHRING, M.: Zur Entwicklung der Kaltreizadaptation, Zeitschrift f. phys. Medizin 5: 171–177 (1976)
8. BÜTTNER, K.: Physikalische Bioklimatologie. Probleme der kosmischen Physik von Ch. JENSEN, Akad. Verlagsgesellschaft, Leipzig 1938, Bd. 18
9. DIRNAGL, K.: Die Reaktionen der Vasomotoren auf einen hydrotherapeutischen Standardreiz und Abwandlung durch die Kneippkur. Exper. Beitrag zur Kneipptherapie, Rösler, Wörschhofen (1955)
10. DIRNAGL, K.: Physikalische Grundlagen der lokalen Wärme- und Kältetherapie. Zeitschrift f. phys. Medizin 4: 164 (1977)
11. DOKUMENTA GEIGY: Wissenschaftliche Tabellen. Binomialverteilung, 6. Auflage, Seite 85
12. DREXEL, H.: Meßergebnisse über die Wärmeleitfähigkeit der Körperoberfläche. Archiv f. phys. Therapie Jg. 8, Heft 3: 190–194 (1956)

13. EBBECKE, E.: Lokale vasomotorische Reaktionen der Haut. Pflügers Archiv 191 (1921)
14. FOX, R.H., McPHERSON, R.K.: Journal Physiologie 21: 125 (1954) London
15. GAERTNER, W.: Thermoregulatorische Unterschiede beim Wärmeübergang durch Konvektion und Temperaturstrahlung Zeitschrift f. phys. Medizin Jg. 6: 471 (1971)
16. GÄRTNER, W.: Die Komponenten des Wärmehaushaltes unter dem Einfluß äußerer Abkühlung oder Aufwärmung des Menschen. Zeitschrift f. Bäder und Klimaheilkunde Jg. 15, Heft 5/6: 463–540 (1968)
17. GANONG, W.: Medizinische Physiologie, Springer Verlag, Berlin 1969
18. GÖTZE, E.: Lehrbuch der pathologischen Physiologie, G. Fischer Verlag, Jena 1964
19. GOLLWITZER-MEIER, K.: Eigenreflexe und Fremdre reflexe des Kreislaufs und ihre Beeinflussung durch das Bad. Archiv f. phys. Therapie, Jg. 2, Heft 6: 329–337 (1950)
20. GOLLWITZER-MEIER, K.: Herz, Wärmehaushalt und Klima-Physiologie und pathologische Physiologie. Archiv f. phys. Therapie, Jg. 4, Heft 3: 129–141 (1952)
21. GROSSE-BROCKHOFF, F.: Pathologische Physiologie, Springer Verlag 1969
22. HASELOFF, O.W., HOFFMANN, H.J.: Kleines Lehrbuch der Statistik, Walter de Gruyter & Co, Berlin 1965
23. HEBERLEIN, S.: Untersuchungen zur Abhängigkeit der insensiblen Hautwasserabgabe von der Luftfeuchte. Med. Dissert., Balneol. Inst., München 1967
24. HEERD, E.: Der Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Wasserausscheidung durch die Haut. Zeitschrift f. Bäder und Klimaheilkunde 10: 667 (1963)

25. HEERD, E., OPPERMANN, C.: Über Veränderungen der Perspiration insensibilis cutanea des Menschen nach wiederholten Wasserbädern. Zeitschrift f. phys. Medizin, Jg. 1, Heft 4: 281–282 (1970)
26. HEIDELMANN: Bestimmung der Wiedererwärmungszeit im Lehrbuch von G. STÜTTGEN — Die normale und pathologische Physiologie der Haut. Seite 200, Stuttgart 1965
27. HENSEL, H.: Mensch und warmblütige Tiere. In: Temperatur und Leben. Hrsg. von PRECHT, CHRISTOPHERSON, HENSEL, Springer Verlag, S. 329, Berlin 1955
28. HENSEL, H.: Thermorezeption. Zeitschrift f. phys. Medizin, 3: 124–131 (1977)
29. HILDEBRANDT, G.: Bedeutung der Tagesrhythmik für die physikalische Therapie. Archiv f. phys. Therapie, 5: 160–170 (1953)
30. HILDEBRANDT, G.: Biologische Rhythmen und ihre Bedeutung für die Bäder und Klimaheilkunde. In: Handbuch der Bäder und Klimaheilkunde. Hrsg. AMELUNG, EBERS, Thieme Verlag, Stuttgart 1962
31. HILDEBRANDT, G.: Therapeutische Zeitanordnung und Kurserfolg. Zeitschrift f. angew. Bäder und Klimaheilkunde Jg. 19, Heft 4/5: 219
32. HILDEBRANDT, G.: Über tagesrhythmische Steuerung der Reagibilität. Archiv f. phys. Therapie, Heft 4: 292 (1957)
33. HILDEBRANDT, G.: Über tagesrhythmische Veränderungen der Asymmetrie der Hauttemperaturen. Archiv f. phys. Therapie, Heft 6: 25 (1952)
34. HILDEBRANDT, G., CRNJAK, D.: Zur tageszeitlichen Ordnung der Hydrotherapie — Untersuchungen über das Wassertreten. Zeitschrift f. phys. Med., 1: 51 (1970)
35. HOHLBACH, G.: Über das Verhalten der Hautwasserabgabe und der Hauttemperatur, sowie des elektrischen Hautwiderstandes und des Hautturgors während eines Dauerversuchs in einem Klimaraum. Med. Diss. aus dem Baln Inst München (1971)

36. KOE, K., HÖFLER, F.W., LÜDERS, K.: Mittlere Hauttemperatur und periphere Extremitätentemperaturen bei den tagesperiodischen Änderungen der Wärmeabgabe. *Archiv f. phys. Medizin*, 20: 221 (1968)
37. KÖLSCH, H.: Verhalten einiger thermophysiologischer Meßgrößen am Menschen bei Variation der Luftfeuchte während eines langfristigen Aufenthaltes im Klimaraum. *Med. Diss. aus dem Baln. Inst. München* (1972)
38. KOSLOWSKI, L., KRAUSE, F.: Kälte und Wärme. In: *Klinische Pathophysiologie* von SIEGENTHALER, W., Thieme-Verlag Stuttgart 1953
39. PAESCHKE, R.: Das Verhalten von Körpertemperatur und Temperaturempfinden des Menschen während eines langfristigen Klimakammeraufenthaltes bei wechselnder Luftfeuchte. *Med. Dissert., Balneol. Inst. München* (1973)
40. PIRLET, K.: Regulatorische Änderungen der Hautwasserabgabe unter kühlen Bedingungen (Referat eines Vortrages). *Pflügers Arch. Physiol.* 270: 48–49 (1959)
41. RADDATZ, G.: Befindensschwankungen eines Personenkollektivs in Relation zu Lufttemperatur und -feuchte. *Zeitschrift f. phys. Medizin* 3: 100 (1976)
42. SHEARD, C., ROTH, G.M., HORTON, B.T.: Normal vasospasm, vasoconstriction at environmental temperature, *Science and Industrig.* Seite 502 (1941)
43. STREMPER, H., HILDEBRANDT, G., CABANAC, M., MASSONNET, B.: Tagesrhythmische Änderung im Modus der Thermoregulation. *Zeitschrift f. phys. Medizin* 1: 31–32 (1977)
44. STREMPER, H., TÄNDLER, P.: Über die Bedeutung des Intervalls bei der Adaptation an serielle Kältereize. *Zeitschrift f. phys. Medizin*, 1: 16–17 (1977)
45. STÜTTGEN, G.: Die normale und pathologische Physiologie der Haut. *G. Fischer-Verlag*, S. 198 (1965)
46. WAGNER, R.: Probleme und Beispiele biologischer Regelung. *Thieme-Verlag, Stuttgart* 1954

47. WEVER, R.: Alternierender Wechsel der Hautdurchblutung in verschiedenen Abschnitten einer Extremität. Pflügers Archiv 249 (1947)
48. WEZLER, K.: Der Einfluß klimatischer Faktoren auf den Menschen. Schriftenreihe des Deutschen Bäderverbandes. Heft 5 (1949)
49. WIEDEMANN, E.: Thermotherapie. In: Handbuch der physikalischen Medizin. Hrsg. von GROBER, J., STIEVE, F.E., Bd. II/1, Stuttgart 1971

Für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung beim Abfassen dieser Arbeit danke ich ganz besonders Herrn Akademischen Direktor Dipl.-Phys. K. Dirnagl, der mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand, sowie Herrn Prof. Dr. H. Drexel, dem Vorstand des Balneologischen Instituts.

LEBENS LAUF

Am 15. Januar 1951 wurde ich als Sohn des Arztes Solon Antoniadis und seiner Ehefrau Eugenia, geb. Mokiou, in Veria (Griechenland) geboren.

Nach sechsjähriger Volksschule besuchte ich von 1962 bis 1968 das Gymnasium, wo ich in Saloniki meine Reifeprüfung ablegte.

Von 1969 bis 1970 besuchte ich ein Studienkolleg an der wissenschaftlichen Hochschule München. 1970 begann ich das Medizinstudium an der Universität München und legte dort 1976 das Staatsexamen ab. Im Dezember 1977 beendete ich meine Medizinalassistentenzeit. Seit Mai 1978 bin ich als Assistenzarzt an der Neurochirurgischen Klinik der Universität Ulm in Günzburg tätig.

